

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Теплоенергетичний факультет

Кафедра теоретичної і промислової теплотехніки

УДК 620.9:697.3

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Г.Б.Варламов
(підпис)

“ ” _____ 2019 р.

**Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра**

з напрямку підготовки 6.050601 Теплоенергетика (спеціальності 144 Теплоенергетика)

на тему: «Реконструкція опалювальної водогрійної котельні для групи житлових
будинків в м. Луцьку»

Виконав: студент IV курсу, групи ТП - 51

Озеруга Олексій Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник

доцент, к.т.н. Боженко М.Ф.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант

з охорони праці доцент, к. т. н. Каштанов С.Ф.
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет Теплоенергетичний

Кафедра Теоретичної і промислової теплотехніки

Рівень вищої освіти - перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки 6.050601 «Теплоенергетика»

(Спеціальність 144 «Теплоенергетика»)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Г.Б.Варламов

(підпис) «___» _____ 2019

р.

**ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студенту
Озерузі Олексію Володимировичу**

1. Тема проекту «Реконструкція опалювальної водогрійної котельні для групи житлових будинків в м. Луцьку»

керівник проекту Боженко Михайло Федорович, к.т.н., доцент,

затверджені наказом по університету від «___» _____ 2019 р. №___

2. Термін подання студентом проекту 18.06.2019 р.

3. Вихідні дані до проекту: 1) Кількість житлових будинків – 6.

2) Розміри будинку: висота – 27м, ширина – 23,8м, глибина – 28,53м.

3) Матеріал стін – залізобетон з утеплювачем з пінополістеролових плит.

4) Світлопрозорі конструкції – двокамерні склопакети.

5) Перекриття – з горищем, підлога – з утеплювачем.

6) Кількість споживачів гарячої води – 189.

7) Температурний графік теплової мережі – (95/70)°C.

4.Зміст пояснювальної записки: 1) Розрахунки теплових навантажень споживачів на опалення і гаряче водопостачання (розрахункові, середні, річні).

2) Теплова схема котельні (опис, вихідні дані до розрахунку, розрахунки для трьох характерних режимів).

3) Вибір основного та допоміжного обладнання котельні (котли, насоси, електричний підігрівач гарячої води, гідравлічний розподілювач).

4) Водопідготовка котельні (опис схеми, розрахунки та вибір обладнання).

5) Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо)

1) Розширена теплова схема котельні – 1 арк.

2) Розміщення обладнання та трубопроводів (плани, розрізи) – 3 - 4 арк.

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
охорона праці	Каштанов С.Ф., доцент		

7. Дата видачі завдання 21.05.2019 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Теплові навантаження:		
	- на опалення	25.05.2019 р.	
	- на гаряче водопостачання	27.05.2019 р.	
2	Розрахунки теплової схеми:		
	- вихідні дані	29.05.2019 р.	
	- розрахунки	03. 06.2019 р.	
3	Розрахунки та вибір обладнання:		
	- котли	06.06.2019 р.	
	- насоси	06.06.2019 р.	
	- ємнісний підігрівач ГВП	06.06.2019 р.	
4	Водопідготовка котельні:		
	- опис і розрахунки	08.06.2019 р.	
	- вибір обладнання	08.06.2019 р.	
5	Охорона праці	10.06.2019 р.	
6	Графічна частина:		
	- теплова схема	10.06.2019 р.	
	- розміщення обладнання	11.06.2019 р.	
7	Оформлення пояснювальної записки	18.06.2019 р.	

Студент

(підпис)

О.В. Озеруга

(ініціали, прізвище)

Керівник проекту

(підпис)

М.Ф. Боженко

(ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

Пояснювальна записка до дипломного проекту

на тему: «Реконструкція опалювальної водогрійної котельні для групи житлових
будинків в м. Луцьку»

АНОТАЦІЯ

Дипломний проект першого (бакалаврського) рівня вищої освіти на тему: «Реконструкція опалювальної водогрійної котельні для групи житлових будинків в м.Луцьку»: пояснювальна записка на 63 с., 14 рис., 7 табл., 13 бібліографічних найменувань; креслень – 4 арк. ф. А1.

Мета проекту – підвищення ефективності роботи теплоенергетичного обладнання котельні задля економії природний газу.

Визначені витрати теплоти на опалення та гаряче водопостачання (максимальні, середні, річні).

Розрахункові витрати теплоти на опалення визначено за втратами теплоти огороженнями будинків, яка склала 745 кВт, при цьому також враховані витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря.

Для шести житлових будинків при кількості споживачів гарячої води 1134 людини розраховані максимальні (223 кВт) і середні (93 кВт) витрати теплоти на гаряче водопостачання за опалювальний період.

Складена і розрахована теплова схема опалювальної водогрійної котельні для закритої системи теплопостачання при централізованому приготуванні гарячої води усередині котельні. Розрахункові режими: максимально-зимовий, середній найбільш холодного місяця і літній. З урахуванням витрат теплоти на власні потреби котельні сумарне навантаження для максимально-зимового режиму складає 922 кВт; для літнього режиму – 66 кВт.

За результатами розрахунків теплової схеми обрано два водогрійних котли: GREENOx.e. 70 номінальною потужністю 700 кВт і GREENOx.e. 30 номінальною потужністю 300 кВт.

Також обрано допоміжне обладнання котельні з урахуванням виконаних гідравлічних розрахунків: насоси мережної води, гарячого водопостачання (циркуляційний), циркуляційні котлової води, гідравлічний розподілювач.

За результатами теплового розрахунку обрано два ємнісні підігрівачі гарячого водопостачання фірми Теплобак ємністю по 2 м³ кожен.

Для підготовки підживлюваної води передбачена натрій-катіонітна водопідготовка продуктивністю 1 м³/год. За результатами розрахунків обрано два фільтри фірми BWT.

Передбачені заходи з охорони праці.

Ключові слова: котел, опалення, гаряче водопостачання, природний газ, водопідготовка, насос, теплообмінник.

SUMMARY

The diploma project of the first high education level (Bachelor) on the theme:
"Reconstruction of the boiler plant for district heating for a group of dwelling houses in Lutsk":
explanatory note on 63 p., 14 figures, 7 tables, 13 bibliographic names; drawings - 4 arcs. f. A1

The purpose of the project is to increase the efficiency of the boiler-house heat and power equipment operation in order to save on natural gas.

The heat consumption for heating and hot water supply (maximum, average, annual) was determined.

The heat consumption for heating is determined by the loss of heat by the fences of houses, which amounted to 745 kW, including the heat consumption for heating infiltration air.

The maximum (223 kW) and average (93 kW) heat consumption for hot water supply during the heating period are calculated for six residential houses with the number of hot water consumers 1134 people.

The thermal circuit of a heating water heating boiler for a closed system of heat supply is determined and calculated including centralized preparation of hot water inside the boiler-house. Estimated regimes: maximum-winter, average coldest month and summer. The total load for the maximum-winter regime is 922 kW; for summer mode - 66 kW including heat consumption for own needs of the boiler-house.

Two boilers were chosen according to the calculation of the thermal circuit:
GREENOx.e. 70 nominal capacity of 700 kW and GREENOx.e. 30 nominal capacity of 300 kW.

The secondary boiler equipment was selected: network water pumps, hot water supply (circulating), circulating boiler water, hydraulic distributor.

Two heat-generating heaters of the Teplobak company with a capacity of 2 m³ each were selected according to the results of thermal calculations.

To prepare recharge water there is provided sodium cationic water treatment with a productivity of 1 m³ / h. Two filters from the BWT company were selected based on the calculations.

Occupational safety measures are foreseen.

Key words: boiler, heating, hot water supply, natural gas, water preparation, pump, heat exchanger.

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект первого уровня (бакалавра) высшего образования на тему: «Реконструкция отопительной водогрейной котельной для группы жилых домов в Луцке»: пояснительная записка на 63 с., 14 рис., 7 табл., 13 библиографических наименований чертежей - 4 л. ф. А1.

Цель проекта - повышение эффективности работы теплоэнергетического оборудования котельной для экономии природного газа.

Определены расходы теплоты на отопление и горячее водоснабжение (максимальные, средние, годовые).

Расчетные расходы теплоты на отопление определены по потерям теплоты ограждениями домов, которые составили 745 кВт, при этом также учтены расходы теплоты на нагрев инфильтрационного воздуха.

Для шести жилых домов при количестве потребителей горячей воды 1134 человека рассчитаны максимальные (223 кВт) и средние (93 кВт) расходы теплоты на горячее водоснабжение за отопительный период.

Составлена и рассчитана тепловая схема отопительной водогрейной котельной для закрытой системы теплоснабжения при централизованном приготовлении горячей воды внутри котельной. Расчетные режимы: максимально-зимний, средний наиболее холодного месяца и летний. С учетом расхода теплоты на собственные нужды котельной суммарная нагрузка для максимально-зимнего режима составляет 922 кВт; для летнего режима - 66 кВт.

По результатам расчетов тепловой схемы выбрано два водогрейных котла: GREENOx.e. 70 номинальной мощностью 700 кВт и GREENOx.e. 30 номинальной мощностью 300 кВт.

Также было выбрано вспомогательное оборудование котельной с учетом выполненных гидравлических расчетов: насосы сетевой воды, горячего водоснабжения (циркуляционный), циркуляционные котловой воды, гидравлический распределитель.

По результатам теплового расчета выбраны два емкостные подогреватели горячего водоснабжения фирмы Теплобак емкостью 2 м³ каждый.

Для подготовки подпитываемой воды предусмотрено натрий-катионитная водоподготовка производительностью 1 м³/час. По результатам расчетов выбраны два фильтры фирмы BWT.

Предусмотрены мероприятия по охране труда.

Ключевые слова: котел, отопление, горячее водоснабжение, природный газ, водоподготовка, насос, теплообменник.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, скорочень, термінів.....	8
Вступ.....	10
1 Розрахунки теплових навантажень споживачів	11
1.1 Витрати теплоти на опалення	11
1.2 Витрати теплоти на гаряче водопостачання.....	17
2 Теплова схема котельні	21
2.1 Опис теплової схеми водогрійної котельні	21
2.2 Вихідні дані для розрахунку теплової схеми	22
2.3 Розрахунок теплової схеми котельні.....	23
3 Вибір основного та допоміжного обладнання котельні	26
3.1 Вибір котлів	26
3.2 Вибір насосів	28
3.3 Вибір гідравлічного розподільвача	40
3.4 Вибір ємнісного підігрівача гарячого водопостачання	42
4 Водопідготовка котельні	46
4.1 Загальні положення.....	46
4.2 Вибір схеми водопідготовки. Опис роботи	46
4.3 Вибір обладнання водопідготовки	48
5 Охорона праці.....	51
5.1 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації технологічного обладнання	52
5.2 Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії.....	55
5.3 Технічні рішення з питань пожежної безпеки.....	58
Висновки	59
Список використаної літератури	60
Додаток А	
Акт впровадження результатів дипломного проекту	61
Додаток Б	
Список наукових праць і творчих досягнень	62
Додаток В	
Перевірка дипломного проекту на академічний плагіат	63

					ТП 51 60 011 ПЗ						
Зм.	Кільк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Студент	Озеруга				Реконструкція опалювальної водогрійної котельні. Пояснювальна записка		Стадія	Арк	Аркушів		
Керівник	Боженко						Д	П	Б	7	63
П. контр.											
Н. Контр.	Боженко						КПІ ім. І.Сікорського, ТЕФ, Кафедра ТПТ				
Зав. Каф.	Варламов										

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

Умовні позначення

Q – тепловий потік, кількість теплоти;

k – коефіцієнт теплопередачі;

F – площа поверхні;

Δt – температурний перепад;

t – температура;

L – довжина;

V – об'єм;

G – витрата;

m – кратність повітрообміну;

ρ – густина;

c – теплоємність;

ω – швидкість;

f – площа поперечного перерізу каналу;

d – діаметр трубопроводу.

Індекси

Нижні:

о – опалення;

макс – максимальний;

сер – середній;

вн – внутрішній;

р – розрахункова;

річн – річна;

п – повітря;

гв – гаряча вода;

хв – холодна вода;

зовн – зовнішній;

сист – система;

вит – витікання;

м.п – мережевий підігрівник;

в.к – водогрійний котел;

пер – перепуск;

					ТП 51 60 011 ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

рец – рециркуляція;
зав – завантаження;
м – мережа;
мн – мережний насос;
в – вода;
тр – трубопроводи.

Верхні:

л – літній період;
тах – максимальний;
в.п – власні потреби;
гв – гаряча вода;
в – відпуск;
ном – номінальна;
д – дійсна;
м – мережа.

Скорочення

ГВП – гаряче водопостачання;
ТОА – теплообмінний апарат;
ХВО – хімічна водо підготовка;
ККД – коефіцієнт корисної дії

					ТП 51 60 011 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ВСТУП

В сучасній українській енергетиці існує чимало проблем, які потрібно вирішувати. Основною є проблема застарілого обладнання, яке має низький ККД, потребує частого ремонту та контролю за процесом виробництва теплової енергії. Зокрема, це стосується котелень централізованого і помірно-централізованого теплопостачання.

Котельні систем централізованого і помірно-централізованого теплопостачання поділяються на районні, квартальні (групові), котельні підприємств.

Районні котельні призначені для теплопостачання району житлової забудови або промислово вузла і входять до складу підприємств об'єднаних котелень і теплових мереж. Районні котельні можуть бути промисловими, опалювальними та промислово-опалювальними.

Квартальні котельні призначені для теплопостачання кварталу або групи будівель і також входять до складу підприємств об'єднаних котелень і теплових мереж. Квартальні котельні є тільки опалювальними.

Найефективнішим, але, не найдешевшим шляхом вирішення цієї проблеми є заміна існуючого застарілого теплотехнічного обладнання на нове, більш ефективне обладнання з необхідною автоматикою для автоматичного регулювання параметрів роботи котельні та контролю за відпуском теплоти.

В дипломному проєкті бакалавра представлено проєкт реконструкції опалювальної водогрійної котельні в м. Луцьку, що працює на групу споживачів, за наступними вихідними даними:

- кількість житлових будинків – 6;
- кількість споживачів гарячої води – 567 людини;
- кількість водорозбірних приладів – 567 шт;
- матеріал стін: пінобетон, облицьований цеглою;
- матеріал перекриття: збірні залізобетонні плити;
- вікна: подвійний склопакет з металевою рамою;
- система теплопостачання – закрыта;
- температурний графік теплової мережі – (95/70) °C.

					ТП 51 60 011 ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 РОЗРАХУНКИ ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ СПОЖИВАЧІВ

Котельня постачає гарячу воду на опалення та гаряче водопостачання споживачів житлового комплексу.

Нижче наведені розрахунки максимальних, середніх та річних витрат теплоти на опалення і середніх за опалювальний період, середніх в літній період, річних витрат теплоти на гаряче водопостачання

1.1 Витрати теплоти на опалення

Визначаються за точною методикою – за втратами теплоти зовнішніми огороженнями.

Спочатку для м. Луцька за [1] визначаю кліматологічні дані:

- а) тривалість опалювального періоду $n_o=180$ діб;
- б) розрахункова температура зовнішнього повітря для опалювання в холодний період року $t_{p.o.} = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- в) середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період $t_{сер.о.} = 0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- г) середня температура зовнішнього повітря найбільш холодного місяця $t_{сер.х.м} = -4,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

План одного з житлових будинків наведено на рис.1.1.

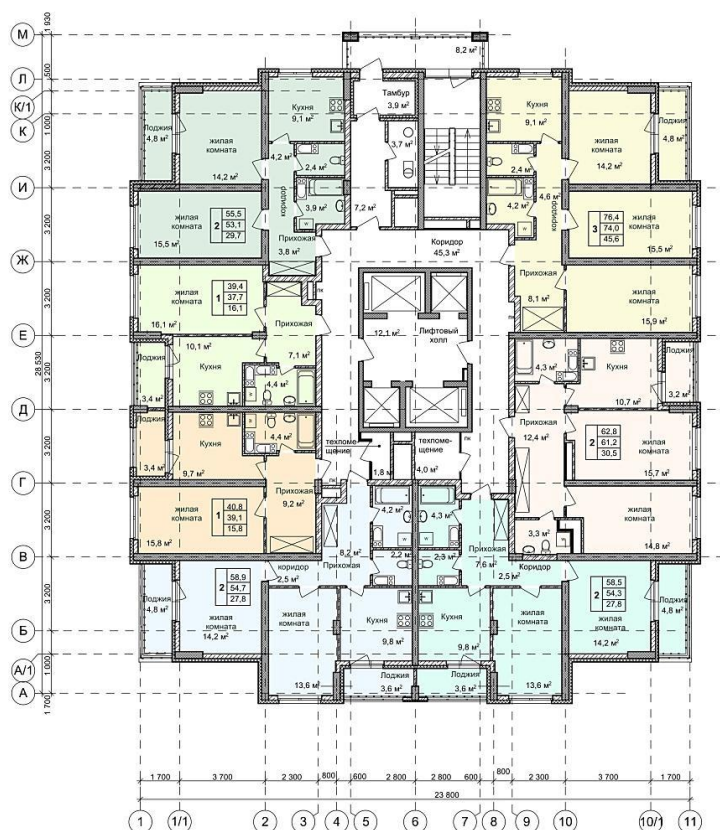


Рисунок 1.1 – План одного з житлових будинків

1.1.1 Вихідні дані до розрахунку:

- кількість житлових будинків – 6;

Характеристика одного будинку:

- кількість поверхів – 9;
- розміри будинку – 23,8х28,53х27 м;
- опалюваний об'єм – 18334 м³;
- кількість споживачів гарячої води – 567 людини;
- кількість водорозбірних приладів – 567 шт.
- матеріал стін: пінобетон, облицьований цеглою.
- матеріал перекриття: збірні залізобетонні плити.
- вікна: подвійний склопакет з металевою рамою.

1.1.2 Для розрахунку теплових втрат використовуємо формулу, що рекомендована в [1]

$$Q_{втр} = \sum Q_{обг} + Q_{інф} \quad (1.1)$$

де $\sum Q_{обг}$ – сумарні втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції (зовнішні стіни, вікна, зовнішні двері, перекриття для останнього поверху, підлогу для першого поверху), кВт;

$Q_{інф}$ – витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря, що надходить до приміщення через нещільності в огороженнях, а також при провітрюванні приміщень, кВт.

1.1.3 Втрати теплоти через окремі огороження визначаються за формулою [2]

$$Q_{обг.i} = K \cdot F_i \cdot \Delta t_i \cdot \left(1 + \sum \beta_i\right) \cdot n_i \cdot 10^{-3} \quad (1.2)$$

де K_i – коефіцієнт теплопередачі окремого огороження, Вт/ (м²·К);

Δt – різниця температур між внутрішнім та зовнішнім повітрям °С;

n_i – поправка на розрахункову різницю температур, що залежить від геометричного положення огороження;

β_i – додаткові втрати теплоти в частках до основних.

1.1.3.1 Коефіцієнти теплопередачі огорожень визначаю згідно з архітектурними даними:

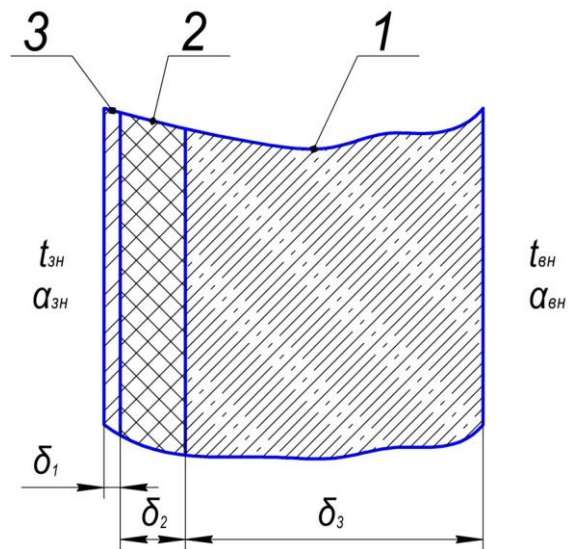
- зовнішні стіни:

Фрагмент зовнішньої стіни зображено на рис. 1.2.

Отже, коефіцієнт теплопередачі через огорожувальні конструкції розраховую за наступною формулою

$$k_{обг} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{зн}}}, \quad (1.3)$$

					ТП 51 60 011 ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



- 1 – монолітна залізобетонна стіна : $\delta_1 = 0,53$ м, $\lambda_1 = 1,51$ Вт/(м·°C) ;
 2 – утеплювач : $\delta_2 = 0,10$ м, $\lambda_2 = 0,042$ Вт/(м·°C) [3];
 3 – навісна фасадна система: $\delta_3 = 0,04$ м, $\lambda_3 = 3,2$ Вт/(м·°C)

Рисунок 1.2 – Фрагмент зовнішньої стіни

де $\alpha_{вн}$, $\alpha_{зн}$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішніх і зовнішніх поверхонь огорожувальних конструкцій, Вт/(м²·°C), (рекомендовано $\alpha_{вн} = 8,7$ Вт/(м²·°C), $\alpha_{зн} = 23$ Вт/(м²·°C)).

Підставивши значення відповідних величин, отримаємо:

$$k_{обг} = \frac{1}{\frac{1}{8,7} + \frac{0,53}{1,51} + \frac{0,1}{0,042} + \frac{0,04}{3,2} + \frac{1}{23}} = 0,344 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}.$$

- перекриття (див. рис. 1.3)

Таким чином, коефіцієнт теплопередачі через перекриття:

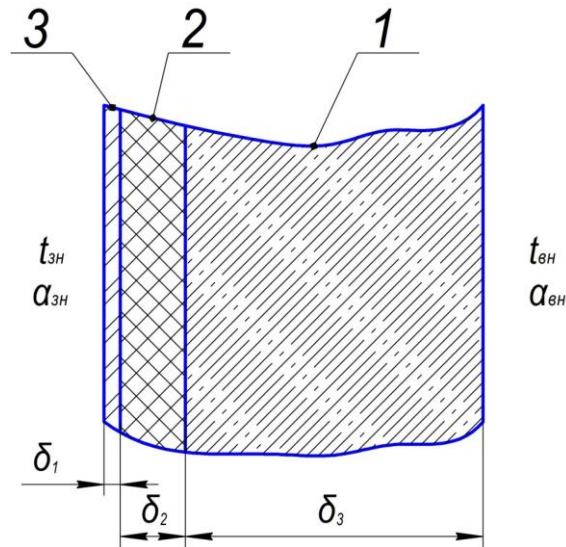
$$k_{пер} = \frac{1}{\frac{1}{8,7} + \frac{0,03}{1,1} + \frac{0,2}{0,17} + \frac{0,53}{1,51} + \frac{1}{23}} = 0,58 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}.$$

1.1.3.2 Додаткові втрати теплоти в частках до основних $\Sigma\beta$:

Згідно з [1] сьогодні додаткові втрати теплоти в Україні враховуються тільки на швидкість вітру та її повторюваність.

Цей параметр буде врахований при швидкості вітру більше як 4,5 м/с і повторюваності більше як 15%.

Оскільки в м. Луцьку для всіх напрямків орієнтації приміщень, окрім Південно-Західного та Західного середня швидкість вітру менше за 4,5 м/с, і повторювальність менша за 15% [1], то відповідно для Західної орієнтації $\Sigma\beta = 0,05$, а для інших – дорівнює нулю.



1 – залізобетонна плита перекриття : $\delta_9 = 0,53$ м, $\lambda_9 = 1,51$ Вт/(м·°C).

2 – єврорубероїд на бітумній мастиці : $\delta_3 = 0,2$ м, $\lambda_3 = 0,17$ Вт/(м·°C) ;

3 – атмосферостійка керамічна плитка : $\delta_I = 0,03$ м, $\lambda_I = 1,1$ Вт/(м·°C) ;

Рисунок 1.3 – Фрагмент перекриття

Розрахунки за формулою (1.2) виконані для однієї із житлових забудов.

1.1.3.3 Розрахункова різниця температур:

Оскільки висота приміщень житлових будівель менша за 4 м, то розрахункову різницю температур визначаю за формулою

$$\Delta t = t_{\text{вн}} - t_{\text{п.о.}}, \quad (1.4)$$

$$\Delta t = 20 - (-20) = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

1.1.4 Визначення теплових втрат через підлогу. Підлога поділяється на 4 зони, ширина кожної з яких по 2 м див рисунку 1.4.

За умовою розміри підлоги : 23,8x28,53 м, відповідно площі зон :

- $F_I = 187,3 \text{ м}^2$;
- $F_{II} = 167,3 \text{ м}^2$
- $F_{III} = 129,4 \text{ м}^2$;
- $F_{IV} = 195 \text{ м}^2$

Термічні опори теплопередачі окремих зон неутепленої підлоги, ($\text{м}^2 \cdot \text{K}$)/Вт, [4]:

$$r_{y.n.} = r_{n.n.} + \sum \frac{\delta_{u.y.}}{\lambda_{u.y.}} \quad (1.5)$$

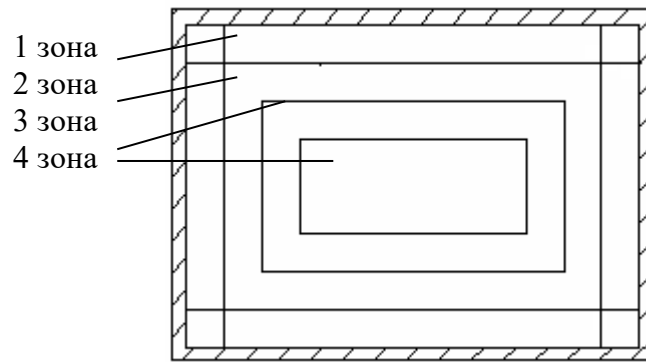


Рисунок 1.4 - Поділ площі підлоги на зони

де $r_{у.н.}$ - термічний опір теплопередачі утепленої зони ($\text{м}^2 \cdot \text{К}$)/Вт;

$r_{н.н.}$ - термічний опір теплопередачі неутепленої зони ($\text{м}^2 \cdot \text{К}$)/Вт;

$\delta_{ш.у.}$ - товщина шару утеплення, м;

$\lambda_{ш.у.}$ - теплопровідність шару утеплення Вт/(м·К).

Беру, згідно з конструктивними характеристиками, товщину шару утеплення $\delta_{ш.у.} = 0,01\text{м}$; теплопровідність шару утеплення $\lambda_{ш.у.} = 0,22 \text{ Вт/(м·К)}$ [4].

Відповідно, термічні опори для різних зон складають:

- для першої зони - $r_1 = 2,15 + \frac{0,01}{0,22} = 2,4 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$;
- для другої зони - $r_2 = 4,3 + \frac{0,01}{0,22} = 4,6 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$;
- для третьої зони - $r_3 = 8,6 + \frac{0,01}{0,22} = 8,9 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$;
- для четвертої зони - $r_4 = 14,2 + \frac{0,01}{0,22} = 14,5 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$.

Теплові втрати :

-для першої зони

$$Q_{нI} = \frac{1}{2,4} \cdot 187,3 \cdot (20 - (-20)) \cdot 10^{-3} = 3,12 \text{ кВт};$$

-для другої зони

$$Q_{нII} = \frac{1}{4,6} \cdot 167,3 \cdot (20 - (-20)) \cdot 10^{-3} = 1,45 \text{ кВт};$$

-для третьої зони

$$Q_{nIII} = \frac{1}{8,9} \cdot 129,4 \cdot (20 - (-20)) \cdot 10^{-3} = 0,58 \text{ кВт};$$

-для четвертої зони

$$Q_{nIV} = \frac{1}{14,5} \cdot 195 \cdot (20 - (-20)) \cdot 10^{-3} = 0,54 \text{ кВт};$$

- сумарні втрати теплоти через підлогу

$$Q_n = Q_{nI} + Q_{nII} + Q_{nIII} + Q_{nIV} = 3,12 + 1,45 + 0,58 + 0,54 = 5,69 \text{ кВт}.$$

Розрахунок втрат теплоти через огорожуючі конструкції одного будинку зведено в табл. 1.1

Таблиця 1.1 - Результати розрахунків втрат теплоти

Зовнішнє обгородження	Орієнтація за сторонами світу	Поверхня обгородження $F_i, \text{м}^2$	Розрахункова різниця температур $\Delta t_i, ^\circ\text{C}$	Коефіцієнт теплопередачі $K_i, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$	Додаткові втрати теплоти $\Sigma \beta$	Втрати теплоти через обгородження $Q_{\text{обг.}i}, \text{кВт}$
Зовнішня стіна	Пн	602	40	0,344	0	8,3
Вікна	Пн	40,5	40	2,6	0	4,2
Зовнішня стіна	Пд	562	40	0,344	0	7,7
Вікна	Пд	81	40	2,6	0	8,5
Зовнішня стіна	Зх	628	40	0,344	0,05	9,1
Вікна	Зх	141,75	40	2,6	0,05	15,5
Зовнішня стіна	Сх	628	40	0,344	0	8,6
Вікна	Сх	141,75	40	2,6	0	14,7
Перекриття останнього поверху	-	679	40	0,58	0	15,7
Підлога 1го поверху	-	679	40	-	-	5,69
Сумарні теплові втрати через огороження будинку						98

1.1.5 Сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції будинку

$$\sum Q_{\text{обг}} = Q_{\text{ст}} + Q_{\text{вік}} + Q_{\text{пер}} + Q_n = 98 \text{ кВт}.$$

1.1.6 Витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря для одного поверху будинку $Q_{\text{інф}}, \text{кВт}$

$$Q_{\text{інф}} = (m_{\text{об}}/3600) c_n \rho_n F_n h (t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}), \quad (1.6)$$

де c_n – питома масова теплоємність повітря, кДж/(кг·К), яку беру 1,005 кДж/(кг·К);

$m_{\text{об}}$ – кратність повітрообміну, 1/год. За технічним завданням $m_{\text{об}}=0,3$ 1/год;

ρ_n – густина повітря, кг/м³, яку наближено беру 1,2 кг/м³ ;

F_n – площа підлоги житлових кімнат і кухонь на поверсі, м², яка згідно з рис. 1.1 складає 252,5 м² ;

h – висота приміщення від підлоги до стелі, м. Беру згідно з проектом будівлі 2,7м.

Тоді, витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря для одного поверху будинку складуть

$$Q_{inf} = (0,3/3600) 1,05 \cdot 1,2 \cdot 252,5 \cdot 2,7 \cdot (20 - (-20)) = 2,9 \text{ кВт},$$

а для дев'яти поверхів одного будинку – $2,9 \cdot 9 = 26,1 \text{ кВт}$.

1.1.7 Загальні втрати теплоти для шести будівель

$$\sum Q_{zag} = (\sum Q_{обг} + Q_{inf}) \cdot 6 ; \quad (1.7)$$

$$\sum Q_{zag} = (98 + 26,1) \cdot 6 = 744,6 \text{ кВт}$$

1.1.8 Середня витрата теплоти на опалення

Для будівлі будь-якого призначення середня витрата теплоти на опалення, кВт, визначається за формулою

$$Q_{ср.о} = Q_{втр} \frac{t_{вн} - t_{ср.о}}{t_{вн} - t_{р.о}}, \quad (1.8)$$

$$Q_{ср.о} = 744,6 \cdot \frac{20 - (0,3)}{20 - (-20)} = 366,7 \text{ кВт}.$$

1.1.9 Річна витрата теплоти на опалення, МДж/рік, визначається за формулою

$$Q_{річ.о} = Q_{ср.о} \cdot n_o \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 10^{-3} ; \quad (1.9)$$

$$Q_{річ.о} = 366,7 \cdot 180 \cdot 24 \cdot 3600 = 5 \text{ 702 МДж / рік}.$$

1.2 Витрати теплоти на гаряче водопостачання

Вихідні дані до розрахунку наведені в табл. 1.2.

1.2.1 Секундна витрата води усіх під'єднаних водозабірних приладів

$$G_c = 5 \cdot g \cdot a, \quad (1.10)$$

$\alpha = f(N, P)$ – безрозмірна величина, в залежності від загальної кількості N водорозбірних приладів, що живляться на розрахунковій ділянці, і вірогідності їх дії за годину найбільшого водоспоживання.

1.2.2 Ймовірність дії санітарно – технічних приладів P

$$P = \frac{U_{спож} \cdot g_{вир.год}}{g \cdot N \cdot 3600}, \quad (1.11)$$

$$P = \frac{189 \cdot 10,00}{0,2 \cdot 189 \cdot 3600} = 0,014$$

За графіком [2] у залежності від величини P і N визначаю α , який беру $\alpha = 0,24$.

					ТП 51 60 011 ПЗ	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблиця 1.2 – Вихідні дані до розрахунку

Найменування величини	Позначення	Одиниця	Значення величини
Кількість квартир, що обслуговуються	$N_{\text{прим}}$	шт.	63
Кількість користувачів води	$U_{\text{спож}}$	людей	189
Кількість сантехнічних приладів у одній квартирі	$N_{\text{прил}}$	шт.	3
Кількість годин споживання гарячої води	T	год/добу	24
Середня норма витрати води за добу [5]	$g_{\text{вит.доб}}$	кг/добу	105
Норма витрати за добу найбільшого водоспоживання на одного споживача [5]	$g_{\text{сп}}$	кг/добу	120
Секундна норма витрати води на одного споживача [6]	g	кг/с	0,2
Норма витрати води в годину найбільшого водоспоживання на одного споживача [6]	$g_{\text{вит.год}}$	кг/год	10

Тоді секундна витрата води дорівнює

$$G_c = 5 \cdot 0,2 \cdot 0,24 = 0,24 \text{ кг/с.}$$

1.2.3 Розрахункова витрата гарячої води за годину найбільшого водоспоживання [2]

$$G_{\text{год}} = 18 \cdot 10^3 \cdot g \cdot K_{\text{вит}} \cdot \alpha_{\text{год}}, \quad (1.12)$$

де $K_{\text{вит}}$ – коефіцієнт використання водорозбірного приладу за годину найбільшого водоспоживання;

1.2.4 Ймовірність використання водозабірних приладів [1]

$$P_{\text{год}} = P / K_{\text{вит}} \quad (1.13)$$

$$P_{\text{год}} = 0,014 / 0,28 = 0,05.$$

Тоді за графіком [2] обираю $\alpha = 0,4$.

$$G_{\text{год}} = 18 \cdot 10^3 \cdot 0,2 \cdot 0,28 \cdot 0,4 = 403 \text{ кг/год.}$$

1.2.5 Циркуляційні витрати гарячої води у системі ГВП

$$q_{\text{цпр}} = \frac{Q_{\text{втр}}^{\text{тр}}}{4,187 \cdot \Delta t}, \quad (1.14)$$

де $Q_{\text{втр}}$ - втрати теплоти у трубопроводах ГВП, кВт;

Δt - різниця температур у подавальному трубопроводі системи від нагрівача до нагрівального тіла до найбільш віддаленого водозабірного приладу, (°C). Беру $\Delta t = 10^\circ\text{C}$.

Середньогодинна витрата теплоти на ГВП без врахування втрат теплоти трубопроводами

$$Q'_{cp} = 1,16 \cdot q_{cp} \cdot (55 - 5) \quad (1.15)$$

де q_{cp} – середньо-годинна витрата води за добу максимального водоспоживання, м³/год

Величину q_{cp} визначаю за формулою [2]

$$q_{cp} = \frac{g_{cp} \cdot U_{спож}}{1000 \cdot T}, \quad (1.16)$$

$$q_{cp} = \frac{120 \cdot 189}{1000 \cdot 24} = 0,945 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$Q'_{cp} = 1,16 \cdot 0,945 \cdot (55 - 5) = 54,81 \text{ кВт}.$$

Втрати теплоти у трубопроводах беру для систем з ізольованими стояками у розмірі 25% від середньогодинного теплового потоку, тобто

$$Q'_{втр} = 0,25 \cdot Q'_{cp};$$

$$Q'_{втр} = 0,25 \cdot 54,81 = 13,7 \text{ кВт}$$

$$Q_{цир} = 13,7 / (4,187 \cdot 10) = 0,3 \text{ кг/с}$$

1.2.6 Об'ємна витрата циркуляційної води, м³/год

$$G_{год}^{цирк} = Q_{цирк} \cdot \frac{3600}{\rho_{води}}, \quad (1.17)$$

де $\rho_{води}$ - густина води, беру 1000 кг/м³

$$G_{год}^{цирк} = 0,3 \cdot 3,6 = 1,08 \text{ м}^3/\text{год}$$

1.2.7 Навантаження на циркуляцію, кВт

$$Q_{цирк}^{втр} = 0,17 \cdot N_{прим}, \quad (1.18)$$

$$Q_{цирк}^{втр} = 0,17 \cdot 63 = 10,71 \text{ кВт}$$

1.2.8 Максимальна витрата теплоти на ГВП на один будинок, кВт

$$Q_{г.в.мак} = 1,163 \cdot G_{год} \cdot (t_{г.сер} - t_{х.з.}); \quad (1.19)$$

$$Q_{г.в.мак} = 1,163 \cdot 403 \cdot (55 - 5) + 13700 = 37,1 \text{ кВт}.$$

1.2.9 Середня витрата теплоти на ГВП на один будинок, визначається за формулою

$$Q_{г.в.мак} = Q_{г.в.сер} \cdot (2 \dots 2,4) \quad (1.20)$$

Беру коефіцієнт в формулі (1.20) 2,4, тоді середня витрата теплоти

$$Q_{г.в.сер} = Q_{г.в.мак} / 2,4; \quad (1.21)$$

$$Q_{г.в.сер} = 37,1 / 2,4 = 15,46 \text{ кВт}$$

1.2.10 Річна витрата теплоти на ГВП на один будинок, МДж/рік

$$Q_{г.в.річ.н} = Q_{г.в.мак} \cdot T_з \cdot n_з; \quad (1.22)$$

де $n_з$ – продовжуваність навантаження на ГВП продовж року, беру 350 діб.

					ТП 51 60 011 ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Q_{г.в.р\dot{и}ч.н} = 15,46 \cdot 24 \cdot 350 \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} = 468 \text{ МДж/рік}$$

1.2.11 Загальне максимальне сумарне навантаження житлового комплексу на опалення і ГВП, кВт

$$Q_{o+ГВП} = \Sigma Q_o + Q_{ГВП}; \quad (1.23)$$

$$Q_{o+ГВП} = 745 + 15,46 \cdot 6 = 838 \text{ кВт.}$$

Результати розрахунків максимальних навантажень споживачів наведені в табл. 1.3.

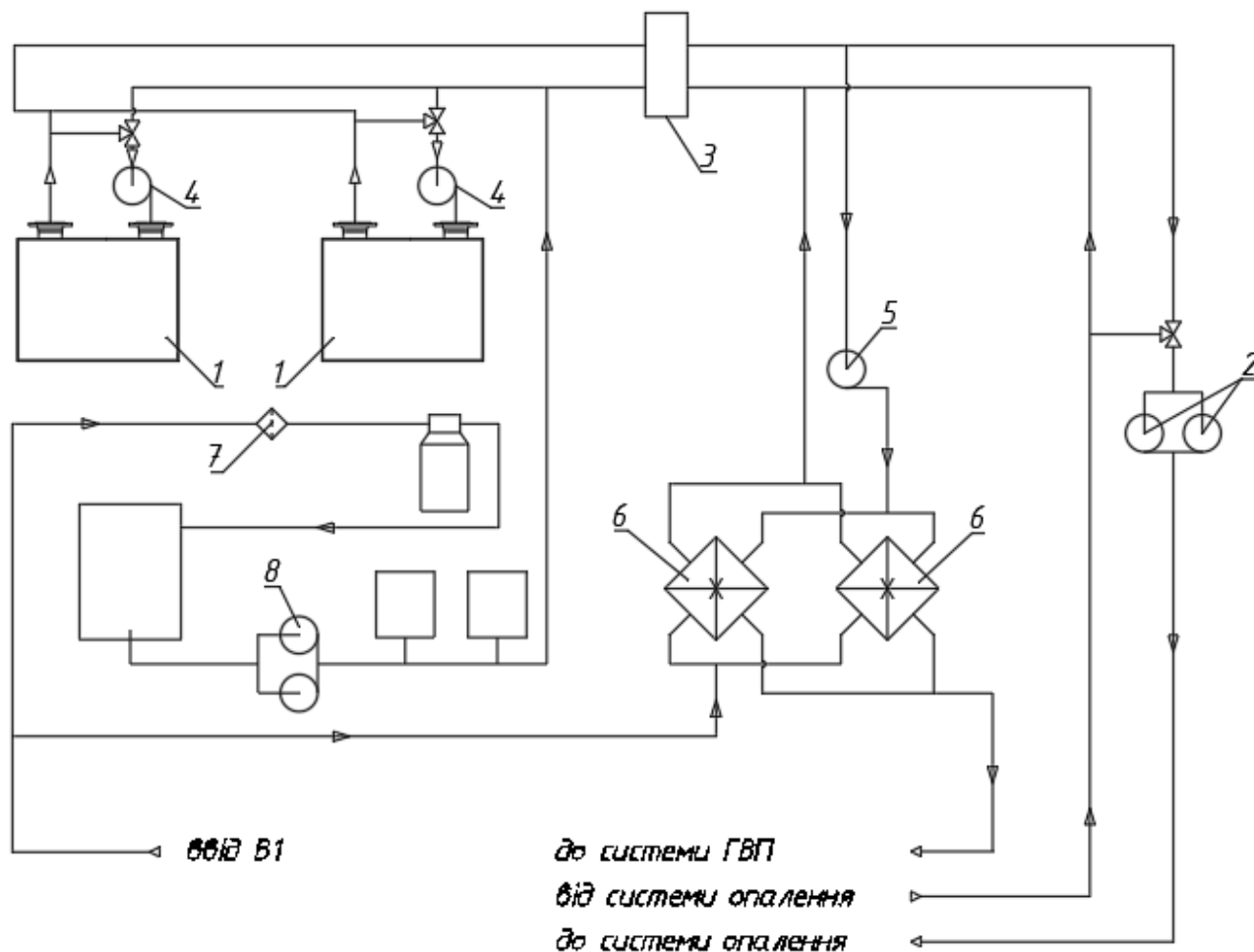
Таблиця 1.3 – Максимальні витрати теплоти

Навантаження	Позначення	Одиниця	Значення величини
Опалення житлових будівель	Q_o	МВт	0,745
Гаряче водопостачання житлових будівель (середня витрата)	$Q_{г.в.сп}^{ж}$	МВт	0,093
Сумарне навантаження споживачів	$\Sigma Q_{спож}$	МВт	0,838

2 ТЕПЛОВА СХЕМА КОТЕЛЬНОЇ

2.1 Опис теплової схеми водогрійної котельні

На рис. 2.1 представлена принципова теплова схема водогрійної опалювальної котельні з відпуском теплоти на опалення із закритою системою теплопостачання на централізоване приготування води та на гаряче водопостачання усередині котельні.



1 – котел; 2 – мережний насос; 3 – гідравлічний розподільувач; 4 – циркуляційний котловий насос; 5 – насос циркуляції ГВП; 6 – ємнісний підігрівач; 7 – фільтр; 8 – насоси підживлення
Рисунок 2.1 - Принципова теплова схема водогрійної котельні з відпуском теплоти на опалення із закритою системою теплопостачання та на гаряче водопостачання

Сира вода надходить у приміщення котельні з зовнішнього джерела, розділяючись на два потоки: перший йде на підігрів у ємнісний підігрівач 6, інший на хімводопідготовку. Після підігрівачів 6 теплоносій надходить на розподільчий колектор, звідки прямує на водорозбір до споживачів. Теплоносій після хімічної обробки насосами підживлення 8 потрапляє безпосередньо у систему. Система поділяється на два контури за допомогою гідравлічного розподільувача 3. В першому контурі теплоносій циркулює крізь котлоагрегати 1 за допомогою циркуляційних насосів 4. В другому контурі вода циркулює крізь споживача за допомогою

мережних насосів 2. Для підігріву води на ГВП з контуру споживача забирається теплоносієм за допомогою насосу циркуляції ГВП 5, та після ємнісних підігрівачів 6 повертається назад до контуру споживача.

2.2 Вихідні дані для розрахунку теплової схеми

Вони складені для 3-х характерних режимів:

I режим – максимально зимовий при $t_{p.o}$ [7];

II режим – із середньою температурою найбільш холодного місяця $t_{ср.х.м}$ [7];

III режим – літній [7].

4.2.1 Температура повітря всередині опалювальних будівель (режими I–III) $t_{вн}=20^{\circ}\text{C}$ [7];

4.2.2 Температура зовнішнього повітря $t_{зовн}$:

– I режим – $t_{зовн.} = t_{p.o} = -20^{\circ}\text{C}$ [7];

– II режим – $t_{зовн.} = t_{ср.х.м} = -4,2^{\circ}\text{C}$;

$$t_{зовн} = t_{з.зл.} = t_{вн} - 0,3455 \cdot (t_{вн} - t_{p.o.}) = 20 - 0,3455 \cdot (20 - (-20)) = 6,18^{\circ}\text{C}.$$

2.2.1 Максимальний (розрахунковий) відпуск теплоти на опалення будівель (режим I)

$$Q_{o.g}^{жс} = 0,745 \text{ МВт};$$

2.2.2 Середній та максимальний відпуск теплоти на ГВП будівель відповідно

$$Q_{г.в.ср}^{жс} = 0,223 \text{ МВт (режим I)};$$

$$Q_{г.в.ср}^{жс.л} = 0,093 \text{ МВт (режим III)}$$

2.2.3 Максимальна температура подавальної мережної води (режим I)

$$t_{1.max} = 95^{\circ}\text{C}$$

2.2.4 Максимальна температура поворотної мережної води (режим I)

$$t_{2.max} = 70^{\circ}\text{C}$$

2.2.5 Питомий об'єм води в системі теплопостачання відносно сумарного відпуску теплоти на опалення та ГВП (для всіх режимів):

$$g_{сист} = 35000 \text{ кг/МВт}$$

2.2.6 Коефіцієнт зниження витікання води в системі теплопостачання:

$$k_{вит} = 1 \text{ (режим I-II)};$$

$$k_{вит} = 0,5 \text{ (режим III)}.$$

2.2.7 Коефіцієнт власних потреб хімічного водоочищення:

$$k_{х.в.}^{г.н.} = 1,1 \dots 1,25 \text{ (для всіх режимів)}.$$

Беру $k_{х.в.}^{г.н.} = 1,2$.

					ТП 51 60 011 ПЗ	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.2.8 Розрахункова температура гарячої води в системі місцевого теплопостачання (для всіх режимів) із закритою системою теплопостачання $t_{z.g}^3 = 55^\circ C$

2.3 Розрахунок теплової схеми котельні

Розрахунок виконано для першого режиму

2.3.1 Коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалення залежно від температури зовнішнього повітря

$$k_{o.g.} = \frac{t_{вн} - t_{зовн}}{t_{вн} - t_{p.o.}}; \quad (2.1)$$

$$k_{o.g.} = 1$$

2.3.2 Сумарний відпуск теплоти на опалення, МВт

$$Q_{o.g.} = (Q_{o.g.max}^{жс+зр} + Q_{o.g.max}^n) \cdot k_{o.g.}; \quad (2.2)$$

$$Q_{o.g.} = (0,745 + 0) \cdot 1 = 0,745 \text{ МВт}.$$

2.3.3 Сумарний відпуск теплоти на ГВП, МВт

$$Q_{z.g}^3 = Q_{z.g}^{жс} + Q_{z.g}^n; \quad (2.3)$$

$$Q_{z.g}^3 = Q_{z.g} = 0,223 + 0 = 0,223 \text{ МВт}.$$

2.3.4 Температура мережної води на виході з котельні, $^\circ C$

$$t_1 = 20 + 62,5 \cdot k_{o.g.}^{0,8} + 12,5 \cdot k_{o.g.}; \quad (2.4)$$

$$t_1 = 20 + 62,5 \cdot 1^{0,8} + 12,5 \cdot 1 = 95^\circ C.$$

Температура поворотної мережної води після опалення, $^\circ C$

$$t_2^{o.g.} = t_1 - 25 \cdot k_{o.g.}; \quad (2.5)$$

$$t_2^{o.g.} = 95 - 25 \cdot 1 = 70^\circ C$$

2.3.5 Розрахункова витрата мережевої води на опалення, кг/с

$$G_{o.g.} = \frac{Q_{o.g.} \cdot 10^6}{C_g \cdot (t_1 - t_2^{o.g.})}; \quad (2.6)$$

$$G_{o.g.} = \frac{0,745 \cdot 10^6}{4187 \cdot (95 - 70)} = 7,1 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

2.3.6 Витрата води на ГВП для споживачів, кг/с

$$G_{z.g.}^{сп} = \frac{Q_{z.g.} \cdot 10^6}{C_g \cdot (t_{z.g.} - T_{13})}; \quad (2.7)$$

$$G_{z.g.}^{сп} = \frac{0,223 \cdot 10^6}{4187 \cdot (55 - 5)} = 1,1 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

2.3.7 Розрахункова витрата мережевої води на виході з котельної, кг/с

$$G_M = G_{o.g.} \quad (2.8)$$

$$G_M = 7,1 \text{ кг/с}$$

2.3.8 Витрати води для підживлення на заповнення витікань у тепловій мережі, кг/с

$$G_{\text{вит}} = \frac{0,75}{100 \cdot 3600} (Q_{\text{о.в.}}^{\text{жс+трк}} + Q_{\text{о.в.}}^{\text{n}} + Q_{\text{с.в.ср}}^{\text{жс+трк}} + Q_{\text{с.в.}}^{\text{n}}) \cdot g_{\text{сист}} \cdot k_{\text{вит}} \quad (2.9)$$

$$G_{\text{вит}} = \frac{0,75}{100 \cdot 3600} (0,745 + 0 + 0,223 + 0) \cdot 65000 \cdot 1 = 0,1 \text{ кг/с.}$$

2.3.9 Витрата поворотної мережевої води на вході до котельної, кг/с

$$G_{\text{п.м}} = G_{\text{м}} - G_{\text{вит}} \quad (2.10)$$

$$G_{\text{п.м}} = 7,1 - 0,1 = 7,0 \text{ кг/с}$$

2.3.10 Витрата сирієї води, що надходить на хімічну очистку, кг/с

$$G_{\text{с.в}} = k_{\text{х.в}}^{\text{с.п}} \cdot G_{\text{вит}} \quad (2.11)$$

$$G_{\text{с.в}} = 1,2 \cdot 0,1 = 0,12 \text{ кг/с}$$

2.3.11 Сумарний потік теплоти, що відпускається водогрійними котлами, МВт

$$Q_{\text{к}}^{\text{с}} = Q_{\text{о.в}}^{\text{с}} + Q_{\text{с.в}}^{\text{с}} \quad (2.12)$$

$$Q_{\text{к}}^{\text{с}} = 0,745 + 0,093 = 0,838 \text{ МВт}$$

2.3.12 Необхідна кількість водогрійних котлів з округленням до найближчого більшого цілого числа

$$N_{\text{к.п}}^{\text{с}} = \frac{Q_{\text{к}}^{\text{с}}}{Q_{\text{к}}^{\text{ном}}}, \quad (2.13)$$

де $Q_{\text{к}}^{\text{ном}}$ - номінальна теплопродуктивність одного водогрійного котла, МВт.

Беру два водогрійних котли фірми ICI Caldaie типу GREENOx.e. з номінальним навантаженням $Q_{\text{к}}^{\text{ном}} = 0,700 \text{ МВт}$ та $Q_{\text{к}}^{\text{ном}} = 0,300 \text{ МВт}$, тоді кількість котлів

$$N_{\text{к.п}}^{\text{с}} = \frac{0,838}{0,700 + 0,300} = 1 \text{ компл.}$$

2.3.13 Завантаження водогрійних котлів, %

$$K_{\text{зав}}^{\text{с}} = \frac{Q_{\text{к}}^{\text{с}}}{N_{\text{к.п}}^{\text{с}} \cdot Q_{\text{к}}^{\text{ном}}} \cdot 100\%, \quad (2.14)$$

$$K_{\text{зав}}^{\text{с}} = \frac{0,838}{0,700 + 0,300} \cdot 100\% = 83,8\% .$$

Результати розрахунку для інших режимів наведені в табл. 2.1.

					ТП 51 60 011 ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку теплової схеми для режимів I-III

Найменування величини	Позначення	Одиниця	Значення величини для режиму		
			I	II	III
Коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалення залежно від температури зовнішнього повітря	$k_{o.v.}$		1	0,4925	-
Сумарний відпуск теплоти на опалення	$Q_{o.v.}$	МВт	0,745	0,367	-
Сумарний відпуск теплоти на ГВП	$Q_{ГВП}$	МВт	0,093	0,093	0,06
Температура мережної води на виході з котельні	T_1	°C	95	61,6	-
Температура поворотної мережної води після опалення	T_2	°C	70	49,3	-
Розрахункова витрата мережної води на опалення	$G_{o.v.}$	кг/с	7,1	7,1	-
Витрата води на ГВП для споживачів	$G_{ГВП}$	кг/с	1,1	1,1	1,3
Розрахункова витрата мережної води на виході з котельної	$G_{ГВП.кот}$	кг/с	2,1	4,33	-
Витрати води для підживлення на заповнення витікань у тепловій мережі	$G_{вит}$	кг/с	0,1	0,1	-
Витрата поворотної мережної води на вході до котельної	$G_{п.м.}$	кг/с	7,0	7,0	-
Витрата сирі води, що надходить на хімічну очистку	$G_{с.в.}$	кг/с	0,12	0,12	-
Сумарний потік теплоти, що відпускається водогрійними котлами	$Q_{сум}$	МВт	0,838	0,59	0,06

З урахуванням втрат теплоти котельні крізь огорожуючі конструкції та в теплових мережах, які беру 10%, сумарна теплопродуктивність котельні складає:

- В режимі I – 0,922 МВт;
- В режимі II – 0,649 МВт;
- В режимі III – 0,066 МВт.

3 ВИБІР ОСНОВНОГО ТА ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ КОТЕЛЬНОЇ

3.1 Вибір котлів

Вибір типу котлів обумовлюється видом спалюваного палива ,теплоносія, що циркулює в системі та його параметрів. Кількість і одинична продуктивність котлів визначаються розрахунковою тепловою потужністю котельної. Для зменшення капітальних і експлуатаційних витрат доцільно встановлювати в котельній одноступінчаті котли з однаковою теплопродуктивністю.

Кількість водогрійних котлоагрегатів вибирається за максимальним відпуском теплоти у вигляді гарячої води

$$N_{к.п}^6 = \frac{Q_{к}^6}{Q_{к}^{ном}}, \quad (3.1)$$

де $Q_{к}^6$ - сумарний потік теплоти водогрійними котлоагрегатами, одержаний при розрахунку теплової схеми котельної для максимального зимового режиму, МВт

$Q_{к}^{ном}$ - номінальне навантаження водогрійного котла, МВт.

В результаті розрахунку теплової схеми котельні прийнято до установки один водогрійний котел GREENOx.e. 70 та один GREENOx.e. 30 з наступними характеристиками:

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики вибраних котлів

Найменування величини	Позначення	Одиниця	Значення величини	
			GREENOx.e 70	GREENOx.e 30
Номінальні потужність	$Q_{ном}$	МВт	0,700	0,300
Коефіцієнт корисної дії	η_k	%	95,37	95,24
Аеродинамічний опір	ΔP_z	мбар	5,6	3,9
Гідравлічний опір	$\Delta P_{вк}$	кПа	4,8	5,0
Розрахункові витрати палива, (при теплоті спалювання газу $Q_{н.р}=33700$ кДж/м ³)	B_k	м ³ /год	77,67	33,33
Мінімальні температура відхідних газів	t_z	°C	124	127
Габаритні розміри	довжина	мм	2228	2228
	ширина	мм	945	945
	висота	мм	1925	1625

Загальний вигляд котла GREENOx.e. 70 наведений на рис. 3.1 .



Рисунок 3.1- Загальний вигляд котла GREENOx.e. 70

3.2 Вибір насосів

В котельні встановлені наступні насоси:

- мережної води системи опалення;
- підживлювальної води;
- циркуляції ГВП;
- циркуляційний котловий;

Всі встановлені насоси з електричним приводом.

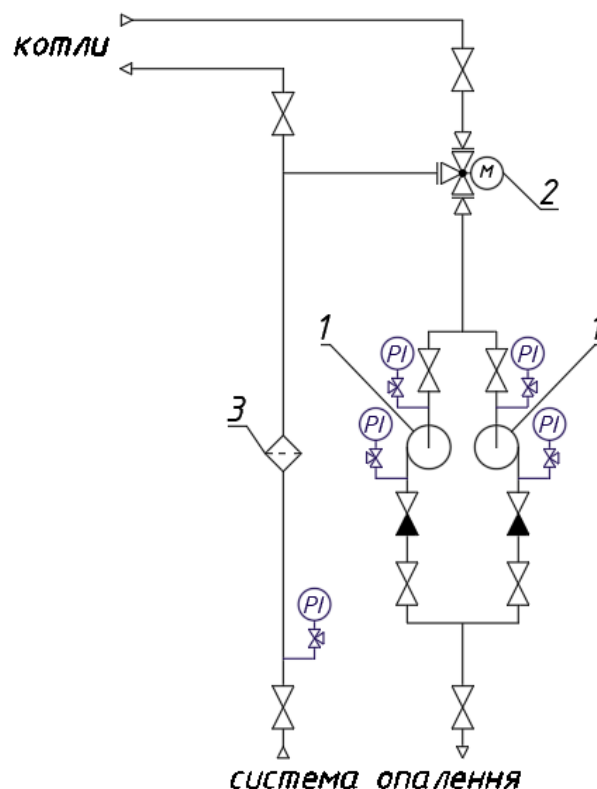
Вибір насосів здійснюється за подачею та тиском.

Подача насосів визначається за розрахунком теплової схеми котельні, а тиск – за втратами опору в відповідних мережах.

3.2.1 Насоси мережної води

Мережні насоси призначені для забезпечення циркуляції води в теплових мережах, вибір їх здійснюють за подачею та тиском.

Схема контуру мережної води наведена на рисунку 3.2



1- мережні насоси; 2 -перепускний вентиль; 3 – фільтр;

Рисунок 3.2 – Схема контуру мережної води системи опалення

Згідно зі схемою, яка наведена на рис. 3.2, поворотний теплоносій від системи опалення споживачів надходить безпосередньо на котли. Після нагріву теплоносія до необхідної

температури від надходить на мережні насоси, які і прокачують його по всьому контуру споживача.

3.2.1.1 Визначаю подачу насосів за витратою мережної води, м³/год

$$V_{м.н} = \frac{G_{м.н} \cdot 3600}{\rho_в}, \quad (3.2)$$

де $G_m = 7,1$ кг/с масова витрата мережної води (беру найбільше значення цього параметра з розрахунку теплової схеми);

ρ – густина води кг/м³ (беру 1000 кг/м³) [8].

Тоді

$$V_{м.н} = \frac{7,1 \cdot 3600}{1000} = 25,56 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Тиск насосів мережної води, МПа

$$H_m = l \cdot \Delta P_{мер} + \Delta P_{в.к} + \Delta P_{тр} \quad (3.3)$$

де ΔP_m - гідравлічний опір теплової мережі, МПа;

$\Delta P_{в.к}$ - гідравлічний опір водогрійного котла, приймаю $\Delta P_{в.к} = 0,0035$ МПа;

$\Delta P_{тр}$ - гідравлічний опір трубопроводів усередині котельні, МПа.

Гідравлічний опір мережі, МПа

$$\Delta P_i = R l (1 + \alpha) \cdot 10^{-6} \quad (3.4)$$

де R – питомі втрати тиску на тертя, Па/м;

l – довжина теплової мережі у двотрубному виконанні, $l = 420$ м;

α - коефіцієнт місцевих опорів, $\alpha = f(d_{cm})$.

3.2.1.2 Беру швидкість води $\omega_в = 1,5$ м/с і з рівняння суцільності (нерозривності) визначаю внутрішній діаметр трубопроводу $d_{вн}$, м

$$d_{мер} = 1,13 \sqrt{\frac{G_{м.н}}{\rho_в \cdot \omega_в}}, \quad (3.5)$$

$$d_{мер} = 1,13 \sqrt{\frac{7,1}{1000 \cdot 1,5}} = 0,077 \text{ м}.$$

Користуючись [9] беру внутрішній діаметр трубопроводу $d_{мер} = 80$ мм і за [6] визначаю коефіцієнт місцевого опору $\alpha = f(d_{cm}) = 0,3$.

3.2.1.3 Уточнюю швидкість руху води, м/с

$$\omega_в = \frac{4 \cdot G_{м.н}}{\rho_в \cdot \pi \cdot d_{мер}^2}, \quad (3.6)$$

$$\omega_в = \frac{4 \cdot 7,1}{1000 \cdot 3,14 \cdot 0,080^2} = 1,4 \text{ м/с}$$

3.2.1.4 Питомі втрати тиску на тертя Па/м

					ТП 51 60 011 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

$$R = \lambda \cdot \frac{\rho_e \omega_e^2}{2} \cdot \frac{1}{d_{\text{мер}}}, \quad (3.7)$$

де λ - коефіцієнт опору тертя.

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k_e}{d'} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25}, \quad (3.8)$$

де k_e – еквівалентний коефіцієнт абсолютної шорсткості внутрішньої поверхні труби; відповідно до Правил Держтехнагляду усі трубопроводи промислових й опалювальних котелень можуть виготовлятися із сталених безшовних зварних труб, виконаних з вуглецевої сталі, для яких $k_e=1$ мм;

d' - внутрішній діаметр трубопроводу, мм;

Re – число Рейнольдса .

Визначаю число Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{d_{\text{вн}} \omega_e}{\nu}, \quad (3.9)$$

де ν - кінематична в'язкість води, $\text{м}^2/\text{с}$.

Кінематичну в'язкість визначаю за середньою температурою теплоносія, яка дорівнює $82,5^\circ\text{C}$, тоді $\nu=f(t=82,5^\circ\text{C})=0,420 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ [8].

Тоді

$$\text{Re} = \frac{0,080 \cdot 1,4}{0,420 \cdot 10^{-6}} = 266666 .$$

Визначаю коефіцієнт опору тертя λ

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{1}{80} + \frac{68}{266666} \right)^{0,25} = 0,04.$$

Питомі втрати тиску на тертя

$$R = 0,04 \cdot \frac{1000 \cdot 1,4^2}{2} \cdot \frac{1}{0,080} = 490 \text{ Па/м}.$$

3.2.1.5 Опір мережі, кПа

$$\Delta P_{\text{м}} = 490 \cdot 420 \cdot (1+0,3) \cdot 10^{-3} = 267 \text{ кПа}.$$

3.2.1.6 Гідравлічний опір трубопроводів усередині котельні складає 5% від втрат тиску в мережі, тобто

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,05 \cdot \Delta P_{\text{м}} ; \quad (3.10)$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,05 \cdot 0,267 = 1,5 \text{ кПа}$$

3.2.1.7 Тиск насосів мережної води

$$H_{\text{м}} = 1,1 \cdot \Delta P_{\text{мер}} + \Delta P_{\text{в.к}} + \Delta P_{\text{тр}} \quad (3.11)$$

					ТП 51 60 011 ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Гідравлічний опір котлів цьому розрахунку участі не бере, тому що для циркуляції теплоносія крізь котел існує окремий насос, який підбиратиметься окремо, тобто

$$H_{\text{мер}} = 1,1 \cdot 0,267 + 1,5 \cdot 10^{-3} = 0,295 \text{ МПа.}$$

За величинами $V_{\text{н.м}}=25,56 \text{ м}^3/\text{год}$ та $H_{\text{мер}}=0,295 \text{ МПа}$ вибираю мережний насос типу Wilo Stratos GIGA 50/1-50/4,2, з наступними характеристиками:

- подача – $26 \text{ м}^3/\text{год}$;
- тиск – $0,3 \text{ МПа}$;
- ККД – $87,5\%$;
- потужність електродвигуна – $4,8 \text{ кВт}$;
- частота обертання електродвигуна – 2800 об/хв.

Загальний вигляд насосу мережної води зображений на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 – Загальний вигляд мережного насосу

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТП 51 60 011 ПЗ

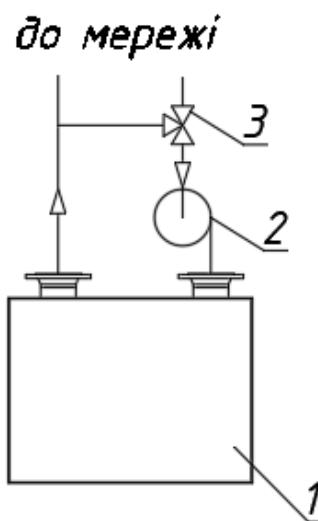
Лист

31

3.2.2 Насоси рециркуляції

Насоси рециркуляції призначені для забезпечення циркуляції води в контурі котла, вибір їх здійснюють за подачею та тиском.

Схема контуру наведена на рисунку 3.4



1- котел; 2 – насос рециркуляції; 3 – перепускний вентиль;

Рисунок 3.4 – Схема контуру рециркуляції

Згідно зі схемою, яка наведена на рис. 3.4, поворотний теплоносій від гідравлічного розподільвача, поступає до рециркуляційного насосу, далі прокачується насосом через котел, і, за потреби, додається до поворотного теплоносія в перепускному вентилі.

3.2.2.1.1 Визначаю подачу насоса за витратою води через котел GREENOx.e. 70:

- масова витрата, кг/с

$$G = \frac{Q_k \cdot 10^6}{C_g \cdot (t_1 - t_2)},$$

- об'ємна витрата, м³/год

$$V = \frac{G \cdot 3600}{\rho_g}, \quad (3.12)$$

де Q_k - номінальна потужність котла, яка дорівнює 0,7 МВт (див. табл. 3.1);

c_g – теплоємність води, Дж/(кг·К) (беру 4187 Дж/(кг·К));

ρ – густина води кг/м³ (беру 1000 кг/м³).

Тоді

$$V_{м.н} = \frac{0,7 \cdot 10^6}{4187 \cdot (95 - 70)} \cdot 3600 = 24 \text{ м}^3/\text{год.}$$

3.2.2.1.2 Тиск насосу рециркуляції

$$H_M = \Delta P_K + \Delta P_{TP} \quad (3.13)$$

За табл. 3.1 опір котла складає $\Delta P_K = 4,8$ кПа.

Гідравлічний опір трубопроводів у контурі котла у два рази більший, ніж втрати тиску в котлі, тобто

$$\Delta P_{TP} = 2 \cdot \Delta P_K ; \quad (3.14)$$

$$\Delta P_{TP} = 2 \cdot 4,8 = 9,6 \text{ кПа}$$

За величинами $V_{H.M.} = 24$ м³/год та $H_{мер} = 0,01$ МПа вибираю рециркуляційний насос типу Wilo Stratos GIGA 65/1-8/0,6 з наступними характеристиками:

- подача – 24 м³/год;
- тиск – 0,05 МПа;
- ККД – 87,5%;
- потужність електродвигуна – 0,7 кВт;
- частота обертання електродвигуна – 2180 об/хв.

3.2.2.2.1 Визначаю подачу насоса за витратою води через котел GREENOX.e. 30:

- масова витрата, кг/с

$$G = \frac{Q_K \cdot 10^6}{C_e \cdot (t_1 - t_2)},$$

- об'ємна витрата, м³/год

$$V = \frac{G \cdot 3600}{\rho_e}, \quad (3.12)$$

де Q_K - номінальна потужність котла, яка дорівнює 0,3 МВт (див. табл. 3.1);

c_B – теплоємність води, Дж/(кг·К) (беру 4187 Дж/(кг·К));

ρ – густина води кг/м³ (беру 1000 кг/м³).

Тоді

$$V_{M.H} = \frac{\frac{0,3 \cdot 10^6}{4187 \cdot (95 - 70)} \cdot 3600}{1000} = 11 \text{ м}^3/\text{год}.$$

3.2.2.2.2 Тиск насосів рециркуляції

$$H_M = \Delta P_K + \Delta P_{TP} \quad (3.13)$$

За табл. 3.1 опір котла складає $\Delta P_K = 5,0$ кПа.

Гідравлічний опір трубопроводів у контурі котла у два рази більший, ніж втрати тиску в котлі, тобто

$$\Delta P_{TP} = 2 \cdot \Delta P_K ; \quad (3.14)$$

$$\Delta P_{TP} = 2 \cdot 5,0 = 10,0 \text{ кПа}$$

					ТП 51 60 011 ПЗ	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

За величинами $V_{н.м}=11 \text{ м}^3/\text{год}$ та $H_{мер}= 0,015 \text{ МПа}$ вибираю рециркуляційний насос типу Wilo Stratos GIGA 65/1-8/0,6 з наступними характеристиками:

- подача – $11 \text{ м}^3/\text{год}$;
- тиск – $0,05 \text{ МПа}$;
- ККД – $87,5\%$;
- потужність електродвигуна – $0,7 \text{ кВт}$;
- частота обертання електродвигуна – 2180 об/хв.

Загальний вигляд насосу рециркуляції зображений на рисунку 3.5.

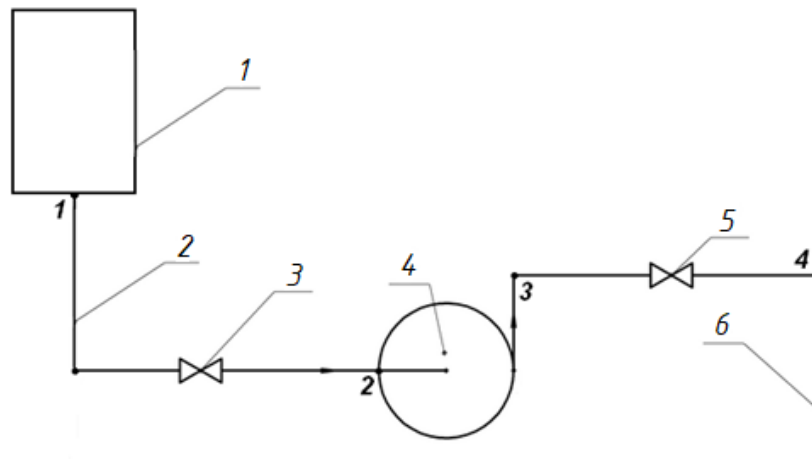


Рисунок 3.5 – Загальний вигляд насосу рециркуляції

3.2.3 Вибір насосів підживлювальної води

Насоси для підживлення вводяться з метою заповнення витоків води в закритих системах тепlopостачання .

Схема контуру підживлювальної води наведена на рис. 3.6



1 – бак запасу хімічищеної води; 2 – трубопровід; 3 – вентиль; 4 – насос підживлення; 5- вентиль; 6 – трубопровід зворотної мережної води.

Рисунок 3.6 - Схема підживлювальних трубопроводів

3.2.3.1 Гідравлічний розрахунок тракту підживлювальної води

а) Подачу підживлювальних насосів визначають за масовою витратою води для підживлення, одержаною при розрахунку теплової схеми котельної

$$V_{підж} = \frac{2 \cdot G_{вит}}{\rho} \cdot 3600, \quad (3.15)$$

де $G_{вит} = G_{підж}$ – витрата води на підживлення (з розрахунку теплової схеми, $G_{вит} = 0,1$ кг/с .)

$$V_{підж} = \frac{2 \cdot 0,1}{1000} \cdot 3600 = 0,72 \text{ м}^3/\text{год}.$$

б) Розбиваємо тракт на ділянки 1-2 та 3-4. Довжина ділянки 1-2 $l^{(1-2)} = 5$ м, ділянки 3-4 $l^{(3-4)} = 3$ м.

Приймаємо швидкість руху води на ділянці 1-2 $\omega_v^{(1-2)} = 1,0$ м/с, а на ділянці 3-4 $\omega_v^{(3-4)} = 2,5$ м/с.

в) Діаметри трубопроводів.

З рівняння суцільності (нерозривності)

$$d_{вн} = 1130 \cdot \sqrt{\frac{G_{підж}}{\rho_v \cdot \omega_v}}. \quad (3.16)$$

Діаметр трубопроводу на ділянці 1-2

$$d_{вн}^{(1-2)} = 1130 \sqrt{\frac{0,1}{1000 \cdot 1,0}} = 0,011 \text{ м}$$

Діаметр трубопроводу на ділянці 3-4

$$d_{\text{вн}}^{(3-4)} = 1130 \sqrt{\frac{0,1}{1000 \cdot 2,5}} = 0,01 \text{ м}$$

Як остаточні приймаємо заокруглені розрахункові внутрішні діаметри із стандартного ряду

$$d_{\text{вн}}^{1-2} = 20 \text{ мм};$$

$$d_{\text{вн}}^{3-4} = 20 \text{ мм}.$$

г) Знаходимо дійсні швидкості руху води

На ділянці 1-2

$$\omega_{\text{в}}^{1-2} = \frac{4 \cdot G_{\text{підж}}}{\rho \cdot \pi \cdot (d_{\text{вн}}^{1-2})^2}, \quad (3.17)$$

$$\omega_{\text{в}}^{1-2} = \frac{4 \cdot 0,1}{3,14 \cdot (0,02)^2 \cdot 1000} = 0,65 \text{ м/с}.$$

На ділянці 3-4

$$\omega_{\text{в}}^{3-4} = \frac{4 \cdot G_{\text{підж}}}{\rho \cdot \pi \cdot (d_{\text{вн}}^{1-2})^2}, \quad (3.18)$$

$$\omega_{\text{в}}^{3-4} = \frac{4 \cdot 0,1}{3,14 \cdot (0,02)^2 \cdot 1000} = 0,65 \text{ м/с}.$$

д) Число Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{d_{\text{вн}} \omega_{\text{в}}}{\nu}, \quad (3.19)$$

де ν - кінематична в'язкість, $\nu = f(t=70^\circ\text{C}) = 0,422 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

На ділянці 1-2

$$\text{Re}^{1-2} = \frac{0,02 \cdot 0,65}{0,422 \cdot 10^{-6}} = 15403.$$

На ділянці 3-4

$$\text{Re}^{3-4} = \frac{0,02 \cdot 0,65}{0,422 \cdot 10^{-6}} = 15403.$$

е) Коефіцієнт гідравлічного тертя

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k_{\text{е}}}{d'} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25}, \quad (3.20)$$

де $k_{\text{е}}$ – еквівалентний коефіцієнт абсолютної шорсткості внутрішньої поверхні труби; відповідно до Правил Держтехнагляду усі трубопроводи промислових й опалювальних котелень можуть виготовлятися із сталевих безшовних зварних труб, виконаних з вуглецевої сталі, для яких $k_{\text{е}}=1 \text{ мм}$;

d' - внутрішній діаметр трубопроводу, мм.

На ділянці 1-2

$$\lambda^{1-2} = 0,11 \cdot \left(\frac{0,1}{20} + \frac{68}{15403} \right)^{0,25} = 0,034.$$

На ділянці 3-4

$$\lambda^{3-4} = 0,11 \cdot \left(\frac{0,1}{20} + \frac{68}{15403} \right)^{0,25} = 0,034.$$

Питомі витрати тиску на тертя

$$R = \lambda \cdot \frac{\rho_g \omega_g^2}{2} \cdot \frac{1}{d},$$

На ділянці 1-2

$$R = 0,034 \cdot \frac{1000 \cdot 0,65^2}{2} \cdot \frac{1}{0,02} = 264 \text{ Па/м.}$$

На ділянці 3-4

$$R = 0,034 \cdot \frac{1000 \cdot 0,65^2}{2} \cdot \frac{1}{0,02} = 264 \text{ Па/м.}$$

ж) Втрати тиску в місцевих опорах, Па

$$P_{\text{м.о}} = \sum \xi \cdot \frac{\rho_{\text{вод}} \omega_{\text{в}}^2}{2}, \quad (3.21)$$

де ξ - коефіцієнт місцевого опору;

на ділянці 1-2 мають місце такі місцеві опори: поворот – $\xi_{\text{пов.}}=1,0$, вентиль – $\xi_{\text{вент.}}=1,0$, раптове звуження $\xi_{\text{звуж.}}=0,5$; на ділянці 3-4 мають місце такі місцеві опори: вентиль, раптове розширення $\xi_{\text{розш.}}=1,0$.

На ділянці 1-2

$$P_{\text{м.о}}^{(1-2)} = (1,0 + 1,0 + 0,5) \cdot \frac{1000 \cdot 0,65^2}{2} = 528 \text{ Па.}$$

На ділянці 3-4

$$P_{\text{м.о}}^{(3-4)} = (1,0 + 1,0) \cdot \frac{1000 \cdot 0,65^2}{2} = 422,5 \text{ Па.}$$

з) Втрати тиску по тракту підживлювальної води, МПа

$$\Delta P_T = \sum (R \cdot l + P_{\text{ом}}) \cdot 10^{-6},$$

На ділянці 1-2

$$\Delta P_{T1} = (264 \cdot 5 + 528) \cdot 10^{-6} = 0,018 \text{ МПа}$$

На ділянці 3-4

$$\Delta P_{T2} = (264 \cdot 2 + 422,5) \cdot 10^{-6} = 0,0095 \text{ МПа}$$

и) Гідравлічний опір трубопроводу та арматури лінії

$$\Delta P_{\text{тр}} = \Delta P_{T1} + \Delta P_{T2} \quad (3.22)$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,018 + 0,0095 = 0,0275 \text{ МПа}$$

i) Напір підживлювальних насосів вибирається залежно від гідравлічних опорів трубопроводів та тиску в зворотній магістралі $\Delta P_{пов} = 0,22$ МПа .

$$H_{п.в.} = \Delta P_{пов} + \Delta P_{тр}, \quad (3.23)$$

$$H_{п.в.} = 0,22 + 0,0275 = 0,2475 \text{ МПа} .$$

За подачею та тиском вибираю насосну станцію підживлення системи, типу Wilo CO-2 HELIX V 404/CE, з наступними характеристиками:

подача – 1 м³/год;

тиск – 0,25 МПа;

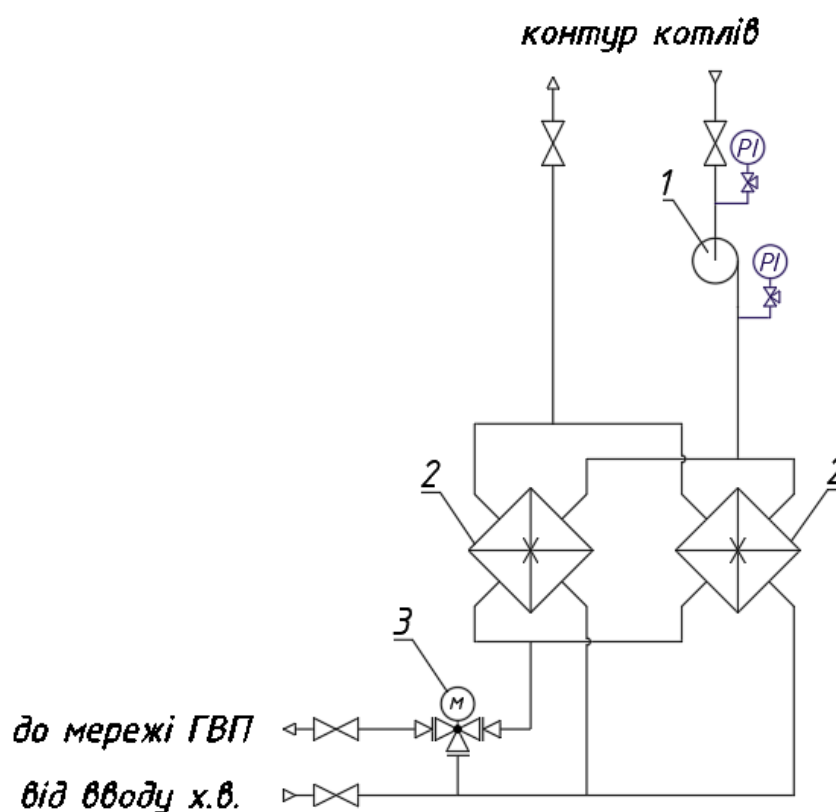
ККД – 84%;

потужність електродвигуна – 0,55 кВт;

частота обертання електродвигуна – 3200 об/хв.

3.2.4 Насос контуру ГВП

Схема контуру наведена на рисунку 3.5



1- насос циркуляції теплоносія на ГВП; 2- ємнісний підігрівач; 3- перепускний клапан.

Рисунок 3.7 – Схема контуру ГВП

Згідно зі схемою, яка наведена на рис. 3.5, вода від водогрійного котла надходить на насос системи ГВП та подається на ємнісні підігрівачі для підігріву води на потреби ГВП.

3.2.4.1 Визначаю подачу насосів за витратою води

$$V_{м.н} = \frac{G_{м.н} \cdot 3600}{\rho_в}, \quad (3.24)$$

$$V_{м.н} = \frac{2,1 \cdot 3600}{1000} = 7,56 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Тиск насосу води, МПа

$$H_м = l \cdot \Delta P_{мер} + \Delta P_{в.к} + \Delta P_{тр} \quad (3.25)$$

Гідравлічний опір контуру, МПа

$$\Delta P_i = \sum (Rl + Z) \quad (3.26)$$

де R – питомі втрати тиску на тертя, Па/м;

l – довжина трубопроводів ГВП $l = 10$ м;

Z – втрати тиску на місцеві опори.

3.2.4.2 Беру швидкість води $\omega_в = 1,5$ м/с і з рівняння суцільності (нерозривності) визначаю внутрішній діаметр трубопроводу $d_{вн}$, м

$$d_{мер} = 1,13 \sqrt{\frac{G_{м.н}}{\rho_в \cdot \omega_в}}, \quad (3.27)$$

$$d_{мер} = 1,13 \sqrt{\frac{2,1}{1000 \cdot 1,5}} = 0,042 \text{ м.}$$

За довідковим даним беру внутрішній діаметр трубопроводу $d_{мер} = 50$ мм [9] і за визначаю коефіцієнт місцевого опору $\alpha = f(d_{см}) = 0,3$ [6].

3.2.4.3 Уточнюю швидкість руху води, м/с

$$\omega_в = \frac{4 \cdot G_{м.н}}{\rho_в \cdot \pi \cdot d_{мер}^2}, \quad (3.28)$$

$$\omega_в = \frac{4 \cdot 2,1}{1000 \cdot 3,14 \cdot 0,05^2} = 1 \text{ м/с}$$

3.2.4.4 Питомі втрати тиску на тертя Па/м

$$R = \lambda \cdot \frac{\rho_в \omega_в^2}{2} \cdot \frac{1}{d_{мер}}, \quad (3.29)$$

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k_с}{d'} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25}, \quad (3.30)$$

Визначаю число Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{d_{вн} \omega_в}{\nu}, \quad (3.31)$$

де ν - кінематична в'язкість, $\text{м}^2/\text{с}$.

Коефіцієнт кінематичної в'язкості визначаю за середньою температурою теплоносія, яка дорівнює 80°C , тоді $\nu=f(t=80^\circ\text{C})=0,422\cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ [8].

$$\text{Re} = \frac{0,05 \cdot 1}{0,422 \cdot 10^{-6}} = 118483$$

Визначаю коефіцієнт опору тертя λ

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{1}{50} + \frac{68}{118483} \right)^{0,25} = 0,04.$$

Питомі витрати тиску на тертя, $\text{Па}/\text{м}$

$$R = 0,05 \cdot \frac{1000 \cdot 1^2}{2} \cdot \frac{1}{0,05} = 500 \text{ Па}/\text{м}.$$

3.2.4.5 Опір контуру, кПа

$$\Delta P_{\text{м}} = 500 \cdot 7 \cdot (1+0,3) \cdot 10^{-6} = 0,45 \text{ кПа}.$$

3.2.4.6 Гідравлічний опір трубопроводів у середині котельні складає 5%, тобто

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,05 \cdot \Delta P_{\text{м}} ; \quad (3.32)$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,05 \cdot 0,0045 = 0,23 \cdot 10^{-3}$$

3.2.4.7 Тиск насосів

$$H_{\text{м}} = 1,1 \cdot \Delta P_{\text{мер}} + \Delta P_{\text{в.к}} + \Delta P_{\text{тр}} \quad (3.33)$$

$$H_{\text{мер}} = 1,1 \cdot 0,045 + 0,23 \cdot 10^{-3} = 0,05 \text{ МПа}.$$

За величинами $V_{\text{н.м}}=7,56 \text{ м}^3/\text{год}$ та $H_{\text{мер}}=0,05 \text{ МПа}$ вибираю насос контуру ГВП, типу Wilo-Stratos 25/1-12, з наступними характеристиками:

- подача – $8 \text{ м}^3/\text{год}$;
- тиск – $0,06 \text{ МПа}$;
- ККД – 84% ;
- потужність електродвигуна – $0,9 \text{ кВт}$;
- частота обертання електродвигуна – $2800 \text{ об}/\text{хв}$

3.3 Вибір гідравлічного розподільвача

Гідравлічний розподільвач слугує для гідравлічного розділення двох контурів. Схематичне зображення гідравлічного розподільвача приведено на рис. 3.6.

					ТП 51 60 011 ПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

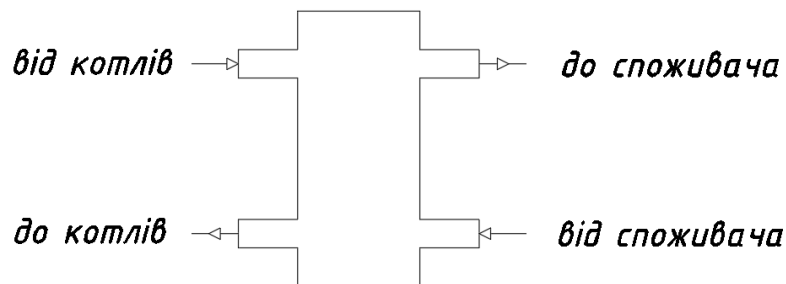


Рисунок 3.6 – Схематичне зображення гідралічного розподільвача.

Основне застосування гідралічний розподільвач знаходить тоді, коли в контурах необхідні різні витрати теплоносія; також гідралічний розподільвач згладжує гідралічний режим, поглинаючи гідроудари. Основним параметром, на який розраховують гідралічний розподільвач – його діаметр.

3.3.1 Визначимо діаметр гідралічного розподільвача

$$D = 1130 \cdot \sqrt{\frac{G_g}{\rho_g \cdot \omega_g}}, \quad (3.34)$$

де G_g – витрата води в контурі, кг/с;

ρ_g – густина води, кг/м³;

ω_g – вертикальна швидкість теплоносія, згідно з рекомендаціями $0,1 \leq \omega_g \leq 0,2$ м/с;

ΔT – різниця температур, К.

5.3.2. Витрата води

$$G_g = \frac{Q_c}{c_g \cdot (t_z - t_g)}, \quad (3.35)$$

де Q_c – номінальна потужність системи, кВт;

c_g – теплоємність води, кДж/кг · К;

t_z і $t_{пов}$ – відповідно температури подавальної і поворотної води, °С;

Згідно з розрахунками $Q_o = 1200$ кВт;

Беру $c_v = 4,187$ кДж/(кг · К); $t_r = 95^\circ\text{C}$; $t_{пов} = 70^\circ\text{C}$, тоді

$$G_g = \frac{1200}{4,187 \cdot (95 - 70)} = 11,46 \text{ кг/с};$$

Густину води беру $\rho_v = 988$ кг/м³; швидкість води $\omega_v = 0,15$ м/с, тоді

$$D = 1130 \cdot \sqrt{\frac{11,46}{988 \cdot 0,15}} = 314 \text{ мм}.$$

Беру стандартний діаметр розподільвача $D = 300$ мм [9].

3.4. Вибір ємнісного підігрівача ГВП

Ємнісний підігрівач ГВП використовується як альтернатива більш поширеним теплообмінникам при невеликих навантаженнях – такий підігрівач є одночасно і теплообмінником, і буферною ємністю – а отже накопичує теплоносії. За допомогою ємнісного підігрівача ГВП можна покривати пікові навантаження споживання ГВП, а в міжпікові періоди накопичувати необхідний об'єм.

Розрахунок ємнісного підігрівача ГВП виконую за методикою [10].

3.4.1. Згідно з [10] розрахунок починаємо з знаходження питомої продуктивності підігрівача

$$kF = G_1 \cdot c_1 \cdot \ln \frac{1}{1 - \frac{G_2}{G_1} \ln \frac{t_1' - t_2'}{t_1 - t_2}}, \quad (3.36)$$

де G_1 – витрата нагрівального теплоносія, кг/год;

G_2 – витрата води, що нагрівається, кг/год;

t_1' – температура нагрівальної води на вході, °C;

t_2' – температура води, що нагрівається, на вході, °C;

t_2'' – температура води, що нагрівається, на виході, °C;

$$kF = 2,1 \cdot \ln \frac{1}{1 - \frac{1,1}{2,1} \ln \frac{95 - 5}{95 - 55}} = 1350 \quad \frac{Bm}{m \cdot K}$$

3.4.2. Визначаємо середню температуру води, що нагрівається, °C

$$t_s = t_1' - \Delta t \quad (3.37)$$

$$t_s = 95 - \frac{55 - 5}{\ln \frac{95 - 5}{95 - 55}} = 33,3 \text{ } ^\circ C$$

3.4.3. Для знаходження коефіцієнта теплопередачі задаю швидкістю руху води в апараті

$w = 0,4 \frac{m}{c}$ і визначаю режим руху теплоносія в них

$$Re = \frac{Wd}{\nu} \quad (3.38)$$

$$Re = \frac{0,4 \cdot 0,021}{0,5 \cdot 10^{-6}} = 16\,800 > 10\,000$$

3.4.4. Значення кінематичної в'язкості приймаємо при середній температурі, °C

$$t_s = \frac{t_1' - t_1''}{2} \quad (3.39)$$

$$t_s = \frac{95 + 70}{2} = 65 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3.4.5. Визначаю тепловіддачу від води, що гріє, до стінок трубки, Вт/(м²·К)

$$\alpha_1 = A_5 \frac{w^{0,8}}{d^{0,2}} \quad (3.40)$$

де A_5 – з таблиць температурних множників в формулах для визначення коефіцієнтів тепловіддачі [8].

Тоді,

$$\alpha_1 = 3300 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$$

3.4.6. Перед визначенням коефіцієнта тепловіддачі від стінок трубок до теплоносія, що нагрівається, визначимо значення температури стінки та температури пограничного шару теплоносія, що нагрівається:

$$t_{cm} = \frac{t_s + t_{xs}}{2} = 49,15 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.41)$$

$$t_m = \frac{t_s + t_{xs}}{2} = 41,23 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.42)$$

3.4.7 Знаходимо критерій Грасгофа:

$$Gr = \frac{\beta g d^2 \Delta t}{2} \quad (3.43)$$

$$Gr = \frac{3,9 \cdot 10^{-4} \cdot 9,81 \cdot 0,025^3 \cdot (45,4 - 32)}{(0,659 \cdot 10^{-6})^2} = 1,8 \cdot 10^6.$$

3.4.8 З таблиці теплофізичних величин для води [8] визначаємо критерій Прандтля $Pr=4,3$

3.4.9 Визначаємо множник $GrPr$:

$$GrPr = 1,8 \cdot 10^6 \cdot 4,3 = 7,75 \cdot 10^6. \quad (3.44)$$

3.4.10 Обчислюємо число Нусельта по формулі для вільної конвекції при горизонтальному розташуванні труб

$$Nu_m = C(Gr Pr)^n \quad (3.45)$$

де $C=0,54$; $n=0,25$ з [8].

Тоді,

$$\alpha_2 = \frac{\lambda_m C (Gr Pr)^n}{d} \quad (3.46)$$

$$\alpha_2 = \frac{0,545 \cdot 0,54 \cdot (7,75 \cdot 10^6)^{0,25}}{0,025} = 780 \frac{Вт}{м^2 \cdot К};$$

3.4.11 Оскільки всередині гідравлічного розподільювача знаходиться непідготовлена вода, на трубках теплообмінника буде відкладатись накип, тому беру товщину накипу

$$\delta_{нак} = 0,0005 м \text{ і її теплопровідністю } \lambda_{нак} = 2 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$$

3.4.12 Обчислюю коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К), за формулою

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{\delta_{нак}}{\lambda_{нак}} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (3.47)$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{3300} + \frac{0,002}{55} + \frac{0,0005}{1} + \frac{1}{780}} = 399 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

3.4.13 Перевірка отриманої температури стінки

$$t_{cm} = t_s + \frac{k}{\alpha_2} \Delta t \quad (3.48)$$

$$t_{cm} = 33,3 + \frac{399}{411} (65 - 33,3) = 49,5 ^\circ C.$$

Отримана температура стінки досить точна, тому приймаю цей результат.

3.4.14 Визначаю поверхню нагріву апарату

$$F = \frac{kF}{k} \quad (3.49)$$

$$F = \frac{1350}{399} = 3,2 \text{ м}^2.$$

Визначаю конструктивні розміри апарату.

Необхідний об'єм апарату

$$V = \frac{G_2}{\rho} \quad (3.50)$$

$$V = \frac{3920}{988} = 3,96 \approx 4 \text{ м}^3.$$

3.4.15 З каталогів теплоенергетичного обладнання [11] обираю 2 накопичувальних баки загальним об'ємом 4 м³, фірми ТЕПЛОБАК, з характеристиками, наведеними у таблиці 3.3.

					ТП 51 60 011 ПЗ	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики ємнісних підігрівачів

Найменування величини	Позначення	Одиниця	Значення величини
Об'єм бака	$V_{бака}$	м ³	2
Висота бака	$H_{бака}$	мм	2260
Діаметр бака	$D_{бака}$	мм	1300

4 ВОДОПІДГОТОВКА КОТЕЛЬНОЇ

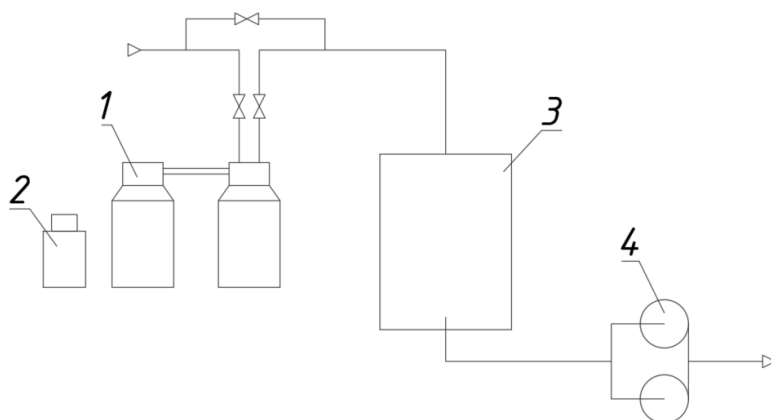
4.1 Загальні положення

Вода, яка використовується в системі водопостачання на різних етапах має різну назву. Природна вода з джерела водопостачання називається початковою, або сирою, а вода, що подається в мережу теплопостачання, – живильною.

Природна вода містить мінеральні і органічні домішки: грубодисперсні речовини з розміром часток більше 0,5 мкм; колоїдні речовини з частками розміром менше 0,001 мкм, до яких відносяться гази, солі і різні органічні речовини. Наявність цих речовин у воді призводить до внутрішньої корозії поверхонь нагріву котлів, устаткування і теплопроводів, а також появи накипу і шламу. Унаслідок чого, прохідний переріз труб зменшується, процес теплопередачі погіршується, і відбуваються локальні перегари труб в котлах.

Для того, щоб запобігти цим процесам, в котельних використовуються системи хімоводопідготовки сирогої води. В процесі хімоводопідготовки сира вода очищується від шкідливих домішок, солей та ін.

4.2 Вибір схеми водопідготовки. Опис роботи



1 – натрій-катіонітні фільтри; 2 – ємність для зберігання солі;
3 – бак запасу хімоочищеної води; 4 –насоси підживлення мережі

Рисунок 4.1 – Схема водо підготовки

Система водопідготовки котельної призначена для підготовки води для підживлення теплових мереж із закритою системою теплопостачання.

Вибір схеми проводиться за максимальним режимом роботи котельної – максимальному відсотку втрат в теплових мережах.

У котельній встановлена одноступенева натрій-катіонітна водопідготовча установка з двох паралельно працюючих фільтрів.

Сира вода насосом подається на натрій-катіонітовий фільтр хімводопідготовки, де відбувається зниження її твердості до 0,1 мг-екв/кг, , тобто знижується концентрація катіонів кальцію Ca^{2+} і магнію Mg^{2+} , які обумовлюють жорсткість води. Фільтри завантажені катіонітним матеріалом, - сульфовуглем, при цьому катіони кальцію Ca^{2+} і магнію Mg^{2+} переходять з сирі води до катіоніту, а у воду переходять катіони натрію Na^+ .

Катіонітний фільтр має циліндричний корпус. Кожен катіонітний фільтр обладнаний відключаючими пристроями для управління роботою фільтру, відбору проб води, контролю за наповненням і для випуску повітря.

В процесі роботи пом'якшуюча здатність катіоніту поступово знижується. Її можна відновити регенерацією. Регенерація складається з операцій, що послідовно проводяться:

- розпушування;
- регенерація;
- відмивання.

При цілодобовій роботі фільтру, для безперебійної роботи в котельній передбачені резервні фільтри. При виході з ладу одного працюючого фільтру в процес включаться резервний фільтр.

4.2.1 Якість сирі води

Якість підживлюваної води для теплових мереж із закритою системою теплопостачання при установці сталевих водогрійних котлів повинна відповідати наступним вимогам:

- жорсткість карбонату.....не більше 0,7 мг-екв/л;
- речовин в підвішеному стані.....не більше 5 мг/л;
- вміст кисню.....не більше 0,05 мг/л;
- концентрація водневих іонів..... 6,5 – 9,5;
- вільна вуглекислота.....відсутня.

Джерелом водопостачання котельної є міський водопровід.

На підставі аналізу сирі води і відповідно до вимог до якості підживлюваної і живильної води в котельній передбачена схема одноступеневого натрій-катіонітного пом'якшування води.

4.2.2 Продуктивність водопідготовки

З розрахунку теплової схеми відома витрата пом'якшеної води, що підживлює мережу

$$G_{\text{II}} = G_{\text{вит}} = 0,12 \text{ кг/с} = 0,43 \text{ т / год};$$

Приймаємо загальну продуктивність водопідготовчої установки 0,43 т/год.

					ТП 51 60 011 ПЗ	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4.3 Вибір обладнання водопідготовки

4.3.1 Розрахунок натрій-катіонітових фільтрів

4.3.1.1 Вихідні дані

Продуктивність	0,43 т/год;
Загальна жорсткість	0,12 мг-екв/л;
Залишкова жорсткість	0,025 мг-екв/л;
Максимальна швидкість фільтрації	40 м/год.

До водопідготовчої установки за [12] приймаю два робочих натрій-катіонітовий фільтри марки BWT моделі EUROSOF TWIN WS 1`` з площею фільтрації $f_{\Pi} = 0,1 \text{ м}^2$, діаметром $D_{\Pi} = 184 \text{ мм}$.

4.3.1.2 Швидкість фільтрації [12]

$$\omega_{\Pi} = \frac{G_{\Pi}}{f_{\Pi} \cdot n_{\Pi}}, \quad (4.1)$$
$$\omega_{\Pi} = \frac{0,43}{0,1 \cdot 1} = 4,3 \text{ м/год}$$

4.3.1.3 Кількість регенерацій [12]

$$m_{\Pi} = \frac{24 \cdot J_o \cdot G_{\Pi}}{f_{\Pi} \cdot h_{\text{сл}} \cdot E_{\Pi} \cdot n_{\Pi}}, \quad (4.2)$$

де E_{Π} – робоча обмінна ємкість катіоніту, $E_{\Pi} = 250 \text{ г-екв/м}^3$ за [12];
 J_o – загальна жорсткість води, що поступає у фільтр, $J_o = 0,1 \text{ мг-екв/л}$.

$$m_{\Pi} = \frac{24 \cdot 0,1 \cdot 0,43}{0,1 \cdot 0,1 \cdot 250 \cdot 1} = 0,057 \text{ рег/добу}.$$

4.3.1.4 Витрата 100% повареної солі на одну регенерацію

$$B_c = \frac{E_{\Pi} \cdot f_{\Pi} \cdot h_{\text{сл}} \cdot b_c}{1000}, \quad (4.3)$$

де b_c – питома витрата реагенту, $b_c = 350 \text{ г/г-екв}$ за [12];

$$B_c = \frac{250 \cdot 0,1 \cdot 0,1 \cdot 350}{1000} = 0,875 \text{ кг/рег.}$$

4.3.1.5 Добова витрата солі [12]

$$B_c^{\text{доб}} = \frac{B_c \cdot m_{\Pi} \cdot n_{\Pi} \cdot 100}{93}, \quad (4.4)$$

де 93 – вміст NaCl в технічній солі %.

$$B_c^{\text{доб}} = \frac{0,875 \cdot 0,057 \cdot 0,1 \cdot 100}{93} = 0,01 \text{ кг/добу}$$

					ТП 51 60 011 ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4.3.1.6 Витрата регенераційного розчину повареної солі

$$B_c^{26} = \frac{B_c \cdot 100}{1000 \cdot 1,2 \cdot 26} \quad (4.5)$$

де 1,2 – густина 26 % розчину солі, т/м³;

26 % – процентний вміст солі в розчині.

$$B_c^{26} = \frac{0,875 \cdot 100}{1000 \cdot 1,2 \cdot 26} = 0,003 \text{ м}^3/\text{рег.}$$

4.3.1.7 Витрата води на взрихлюючу промивку [12]

$$q_{\text{взр}} = \frac{i \cdot f_{\text{II}} \cdot 60 \cdot t_{\text{взр}}}{1000}, \quad (4.6)$$

де i – інтенсивність взрихлюючої промивки, $i = 3 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ за [12];

$t_{\text{взр}}$ – тривалість взрихлюючої промивки, $t_{\text{взр}} = 20 \text{ хв.}$

$$q_{\text{взр}} = \frac{3 \cdot 0,1 \cdot 60 \cdot 20}{1000} = 0,36 \text{ м}^3/\text{рег.}$$

4.3.1.8 Витрата води на приготування регенераційного розчину [12]

$$q_p = \frac{B_c \cdot 100}{1000 \cdot \rho_p \cdot b}, \quad (4.7)$$

де b – концентрація регенераційного розчину, $b = 8 \%$;

ρ_p – густина регенераційного розчину при 20 °С, $\rho_p = 1,056 \text{ т}/\text{м}^3$.

$$q_p = \frac{0,875 \cdot 100}{1000 \cdot 1,056 \cdot 8} = 0,01 \text{ м}^3/\text{рег.}$$

4.3.1.9 Витрата води на відмивання від продуктів регенерації [12]

$$q_{\text{від}} = q_{\text{кат}} \cdot f_{\text{II}} \cdot h_{\text{сл}}, \quad (4.8)$$

де $q_{\text{кат}}$ – питома витрата води на відмивання катіоніту, $q_{\text{кат}} = 6 \text{ м}^3/\text{м}^3$ за [12];

$$q_{\text{від}} = 6 \cdot 0,1 \cdot 1 = 0,6 \text{ м}^3/\text{рег.}$$

4.3.1.10 Витрата води на одну регенерацію [13]

$$q_{\text{в}} = q_{\text{взр}} + q_p + q_{\text{від}}, \quad (4.9)$$

$$q_{\text{в}} = 0,36 + 0,01 + 0,6 = 0,97 \text{ м}^3/\text{рег.}$$

4.3.1.11 Добова витрата води на регенерацію

$$q_{\text{в}}^{\text{доб}} = q_{\text{в}} \cdot m_{\text{II}} \cdot n_{\text{II}}, \quad (4.10)$$

$$q_{\text{в}}^{\text{доб}} = 0,97 \cdot 0,057 \cdot 1 = 0,05 \text{ м}^3/\text{добу} ;$$

4.3.1.12 Витрата води на власні потреби за годину

$$q_{\text{в}}^{\text{сер}} = \frac{q_{\text{в}}^{\text{доб}}}{24} , \quad (4.11)$$

$$q_{\text{в}}^{\text{сер}} = \frac{0,05}{24} = 0,0021 \text{ м}^3/\text{год} .$$

4.3.5 Вибір допоміжного обладнання

4.3.5.1 Склад реагентів

Зберігання повареної солі передбачає 30-ти денний запас, при доставці її автомобільними шляхами.

- об'єм резервуарів

$$V = \frac{1,5 \cdot B_{\text{с}} \cdot (b + \rho)}{1000} , \quad (4.17)$$

де b – необхідний запас на 30 діб;

ρ – залишок солі на 10 діб.

$$V = \frac{1,5 \cdot 0,875 \cdot (30 + 10)}{1000} = 0,1 \text{ м}^3 .$$

На території котельної є склад мокрого зберігання солі, що складається з одного контейнеру об'ємом $0,2 \text{ м}^3$, що цілком забезпечить зберігання необхідного запасу.

4.3.6 Деаераційна установка

Для видалення з хімічно-підготовленої води розчинених кисню та вуглекислого газу в схемі водопідготовки передбачено хімічна деаерація води за допомогою станції дозування фірми BWT та каталізованого сульфіта натрію.

					ТП 51 60 011 ПЗ	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я, життя й працездатності людини в процесі праці.

Тема дипломного проекту: «Реконструкція опалювальної водогрійної котельні для групи житлових будинків в м. Луцьку». Основним видом палива є природний газ. Компонування основного і допоміжного устаткування в приміщеннях котельні виконані згідно вимог ДБН В.2.5-77:2014 “Котельні” та НПАОП 0.00-1.26-96 “Правила будови і безпечної експлуатації парових та водогрійних котлів”.

При проектуванні котельні виконані вимоги ДБН В.2.5-77:2014 та інших чинних нормативних актів з охорони праці та пожежної безпеки. Архітектурно - планувальні та будівельні рішення забезпечують заходи з охорони праці та протипожежні заходи у відповідності зі ДБН В.2.5-77:2014, " Правилами пожежної безпеки в Україні " та вимогам чинних нормативно - правових актів - ДБН В.2.5 -20- 2001, Правила безпеки систем газопостачання України (ДНАОП 0.00-1.20-98) та ін.

На котельні розташовані спеціальні та побутові приміщення (сан. вузли, гардеробні, лабораторія ХВО, операторна та ін.)

Проектом забезпечується автоматичне ведення процесу виробництва теплової енергії, передбачаються заходи з охорони праці, промислової санітарії, які забезпечують нормальні умови для персоналу при експлуатації котельні.

У комплект котла фірми ICI Caldaie входить запобіжна, регулююча арматура, комплекс пристроїв, що забезпечують автоматичне керування котлоагрегатом і захист від аварійних ситуацій, засоби контролю та сигналізації.

Компонування основного і допоміжного устаткування в приміщенні котельні виконано згідно з вимогами розд.7 ДНАОП 0.00-1.08-94 і передбачає можливість демонтажу і монтажу котлів в умовах діючого виробництва.

В цьому розділі запропоновані технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації технологічного обладнання, а також технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії і визначені основні заходи з пожежної безпеки та профілактики.

					ТП 51 60 011 ПЗ	Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5.1 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації технологічного обладнання.

В розробленому проекті системи автоматизації забезпечують:

1 Контроль параметрів технологічного процесу і сигналізацію відхилень їх від заданого значення.

2 Автоматичне управління основними технологічними блоками, агрегатами і виконавчими механізмами.

3 Автоматичне регулювання основних технологічних параметрів.

4 Автоматичне відключення подачі газу при підвищенні допустимої концентрації горючих газів у приміщенні.

5 Автоматичне відключення котлів в аварійних ситуаціях .

Підтримання технологічних режимів відбувається автоматично за допомогою регуляторів фірми "ICI Caldaie ", вбудованих в котли, і які поставляються в комплекті з технологічним обладнанням.

Передбачений у проекті обсяг автоматизації та контролю котельні забезпечує надійну, економічну і безаварійну роботу обладнання, а також можливість аналізу роботи обладнання.

Водогрійні котлоагрегати GREENOx.e. укомплектовані повним комплексом засобів автоматизації для управління та контролю за роботою системи.

Комплекс засобів управління забезпечує автоматичний пуск і зупинку котла за алгоритмом, який задається в залежності від температури зовнішнього повітря, автоматичне регулювання температури води за котлом, сигналізацію про роботу комплексу і стан котла, захист котла і переривання подачі палива при виникненні аварійної ситуації за такими параметрами:

- Переривання подачі води в котел;
- Згасання факела в топці;
- Перевищення тиску води;
- Зниження тиску води нижче допустимого;
- Перевищення температури води на виході з котла;
- Зниження витрати води через котел нижче допустимого;
- Виявлення несправності запобіжного клапана;
- Перевищення тиску газу або падіння тиску газу;
- Відхилення тиску повітря (вище або нижче норми), що подається вентилятором;
- Відключення вентилятора дуттєвого повітря;
- Перевищення температури димових газів;
- Несправності автоматики безпеки, аварійної сигналізації;

- Зникнення напруги .

5.1.1 Компоновка основного і допоміжного обладнання

Компонування основного і допоміжного устаткування в приміщенні котельні виконана згідно з вимогами розд.7 ДНАОП 0.00-1.08-94 і передбачає можливість демонтажу і монтажу котлів в умовах діючого виробництва.

Котли встановлюються на відм. +0,100.

Відстань від фронту котлів до протилежної стіни по осі А становить 2,2 м , відстань від пальника до цієї стіни - 1,5 м.

Для видалення димових газів проектом передбачаються до кожного котла індивідуальні газоходи з підключенням до загальної димової труби. Діаметр газоходів - 250 мм. На газоходах встановлюються вибухові клапана Ду 250.

Котли працюють на загальну димову трубу висотою 25 м, діаметром 350 мм.

Для обслуговування котлів, запобіжних клапанів і арматури на трубопроводах від котлів проектом передбачена металева приставна площадка висотою +1000 мм. Приладами контролю та автоматизації в котельні обладнані 2 водогрійних котла GREENOx.e. 60 фірми " ICI Caldaie " і допоміжне обладнання котельні.

5.1.2 Організаційні заходи з техніки безпеки

При експлуатації і обслуговуванні котлів слід керуватися діючими "Правилами безпеки систем газопостачання України " (ДНАОП 0.00-1.20-98), "Правил будови та безпечної експлуатації об'єкта електроустановок споживачів", "Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів" для електроустановок напругою до 1000 В.

До роботи на котлах можуть бути допущені особи , які пройшли інструктаж з охорони праці і які мають посвідчення на право роботи з газифікованим обладнанням та обслуговуванням котлів.

До робіт з технічного обслуговування і ремонту електроустаткування і автоматики допускаються особи, які мають право на проведення робіт в електроустановках, з кваліфікацією не менш III розряду.

Клеми датчиків і виконавчих приладів повинні бути надійно захищені від попадання пилу і вологи. Металоконструкції та електрообладнання повинно бути надійно заземлено.

Забороняється знімати кришки з електроустаткування при наявності напруги, а також експлуатувати електрообладнання зі знятими кришками.

Забороняється повторний запуск пальників після аварійного вимкнення без з'ясування і усунення причин вимикання.

Експлуатація пальників при несправній автоматичі забороняється .

					ТП 51 60 011 ПЗ	Лист
						53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

При витоку газу забороняється робота пальника, запалювання вогню, включення і виключення електрообладнання.

Всі види ремонтних і профілактичних робіт робити тільки на непрацюючому обладнанні, при відключенні від блокової пальника електричних і газових мереж .

Розміщення приладів і проводок виконати за місцем, монтаж захисного занулення виконати відповідно до інструкції з монтажу захисного заземлення електроустановок систем автоматизації РМ4 -200- 82 .

Монтаж приладів і засобів автоматизації виконати згідно будівельних норм і правил СНиП 3.05.07-85 .

5.1.3 Електробезпека

В електроустановках котельні передбачена система заземлення електроустановок TN-C-S. Проектовані електромережі виконуються 5- ти і 4 - х провідними із захисним РЕ провідником.

Для захисту від ураження електричним струмом в електроустановках котельні передбачається зрівняння потенціалів, для чого в ТП встановлюється головна заземлювальна шина, яка підключається до зовнішнього захисного заземлення.

До головної заземлювальної шини приєднуються всі захисні РЕ провідники внутрішніх мереж, металеві труби комунікацій, які входять в будівлю, металеві елементи будівлі котельні.

Конструкція, виконання і клас ізоляції застосованого обладнання і матеріалів обрані відповідно до умов навколишнього середовища, пожежної безпеки приміщень та прокладання електромереж.

Види електропроводок і способи прокладки електрокабелів прийняті з урахуванням вимог електро- та пожежної безпеки. Оболонки та ізоляція кабелів відповідають способам прокладки і умов навколишнього середовища.

Згідно з вимогами ДНАОП 0.00-1.21-98 електроприміщення комплектуються основними і допоміжними захисними засобами, а також первинними засобами пожежогасіння. Обсяг захисних засобів може збільшуватися залежно від системи організації експлуатації та місцевих умов.

Умови праці при експлуатації та ремонті мереж і електроустановок повинні відповідати вимогам безпеки та захисту працівників від небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть впливати на їх здоров'я, згідно з ДБН В.2.5-27-2006.

Для створення та дотримання безпечних і нешкідливих умов праці при експлуатації та ремонті мереж і споруд електропостачання необхідно керуватися вимогами ДНАОП 0.00-1.21-98 а при виконанні окремих видів робіт, які є не специфічними для електротехнічного персоналу - вимогами міжгалузевих, чинних в Україні нормативних актів про охорону праці.

					ТП 51 60 011 ПЗ	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Технологічні карти або інша технічна документація повинні містити вимоги безпеки, дотримання яких є обов'язковим при організації та виконанні робіт.

Експлуатувати (обслуговувати) електрогосподарство котельні повинен відповідно підготовлений штат електротехнічного персоналу , забезпечений всіма необхідними засобами і обладнанням для виконання ремонтних робіт .

Електромонтажні роботи виконувати згідно з вимогами ДБН В.2.5-27-2006.

5.2 Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат робочої зони

Під мікрокліматом виробничих приміщень розуміють клімат внутрішнього середовища виробничого приміщення, який визначається поєднаними діями на організм людини, температури, вологості, швидкості руху повітря та теплових випромінювань. Отже, основними параметрами мікроклімату є: температура, відносна вологість, швидкість переміщення повітря та інтенсивність теплового випромінювання. Параметри мікроклімату можуть змінюватись у широких межах і істотно впливати на самопочуття та здоров'я працівника продуктивність та якість його праці. Людина постійно знаходиться в процесі теплової взаємодії з навколишнім середовищем.

Параметри мікроклімату діють на організм людини комплексно. Параметри мікроклімату нормуються по ДСН 3.3.63042-92 (Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони) залежно від тяжкості виконуваних робіт і періоду року.

Відповідно до цього нормовані параметри зводимо в табл. 8.1

Таблиця 5.1 - Допустимі і оптимальні параметри температури повітря ($t, ^\circ\text{C}$) , відносної вологості($\phi, \%$) і швидкості руху повітря ($v, \text{v/c}$)

Період року	Оптимальні параметри			Допустимі параметри		
	$t, ^\circ\text{C}$	$\phi, \%$	$v, \text{v/c}$	$t, ^\circ\text{C}$	$\phi, \%$	$v, \text{v/c}$
Теплий	22-24	40-60	0,2	21-28	≤ 60	0,1-0,3
Холодний	21-23	40-60	0,1	20-24	≤ 75	0,1-0,2

Технічні рішення для забезпечення вимог норм (регламентуються):

- вентиляція котельного залу на всі періоди року передбачена припливно -витяжна, розрахована на асиміляцію теплонадлишків. Обсяг припливного повітря компенсує об'єм повітря, що надходить на горіння у топки котлів і видаляється витяжною вентиляцією. У

котельному залі незалежно від режиму експлуатації забезпечується постійний 3- х кратний обмін;

- для підтримки необхідної температури в приміщеннях котельної в зимовий час в котельній виконується опалювання. Теплоносієм системи опалювання є гаряча вода що йде в систему опалювання від водогрійних котлів КСВа 1,25;

- проходить зниження викидів забруднюючих речовин за рахунок скорочення витрати палива, застосування досконаліших газоспалюючих пристроїв;

- димова труба забезпечує розсіювання шкідливих викидів на великі площі.

5.2.2 Заходи по оптимізації складу повітря робочої зони персоналу котельні

Для безпечної роботи в приміщенні котельні встановлюється газоаналізатор. Контроль наявності до-вибухонебезпечної концентрації природного газу в приміщенні котельні, а саме метану (CH_4), а також перевищення концентрації чадного газу (CO) виконується системою газоаналізатора ВАРТА 1-03 ЗАТ "ТЕМІО".

При досягненні загазованості приміщення 10% від нижньої межі займистості природного газу, а також при перевищенні 200 р.р.т. чадного газу, включається попереджувальна сигналізація. При досягненні загазованості приміщення 20% від нижньої межі займистості природного газу спрацьовує газосигналізатор, який приводить в дію швидкодіючий клапан - відсікач на вводі газопроводу. Також передбачається контроль зниження температури в котельні, пожежний контроль (підвищення температури повітря в котельні вище 70°C) і охоронна сигналізація.

5.2.3 Заходи по оптимізації виробничого освітлення робочих місць

У котельні передбачені наступні види освітлення:

- робоче освітлення на напрузі 220 В;
- аварійно - евакуаційне на напрузі 220 В;
- ремонтне освітлення на напрузі 12 В.

Підключення щитів освітлення виконано від ТП кабельними лініями по радіальних схемах.

Мережі освітлення захищені від перевантаження і струмів короткого замикання.

Ремонтне освітлення виконується на напрузі 12 В і живиться від мережі аварійного освітлення через знижувальні трансформатори 220/ 12 В.

Проектні рішення по природному, штучному і комбінованому освітленню приміщень та окремих зон відповідають вимогам СНиП 23-05-95.

5.2.4 Засоби і методи захисту від виробничого шуму

Для забезпечення допустимих параметрів шуму в котельній передбачені наступні засоби:

					ТП 51 60 011 ПЗ	Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- для машиніста котлів створене окреме, ізольоване від шуму, приміщення з розміщенням в ньому щитів технологічної сигналізації (щитова);
- службово-побутові приміщення захищені від шуму діючого устаткування глухими стінами;
- застосовуються засоби індивідуального захисту від шуму – протишумні навушники;
- зменшення шуму в джерелі шляхом вдосконалення устаткування і експлуатації його в нормальних режимах.
- вентилятори і димососи встановлюються за котлом біля стіни будівлі, самої віддаленої від робочих місць обслуговуючого персоналу;
- для зниження рівня звукового тиску в газоході і димовій трубі при швидкості потоку понад 15 м/с встановлюються пластинчаті глушники шуму з напівжорсткої мінеральної плити в оболонці із склотканини і перфорованого листа;
- воздуховоди і вентиляційне устаткування приєднуються за допомогою гнучких вставок.

Рівень звукового тиску від обладнання котельні та викиди шкідливих речовин не перевищують нормативних даних.

Для зниження рівня шуму і для запобігання вібрацій, які можуть передаватися від обладнання (мережеві насоси, насоси циркуляційні) проектом передбачені гнучкі трубопровідні вставки.

5.2.5 Захист від інфрачервоного випромінювання при експлуатації обладнання котельні

Теплові випромінювання від нагрітих предметів та устаткування значно впливають на створення несприятливих мікрокліматичних умов у виробничих приміщеннях. Крім того, теплові (інфрачервоні) випромінювання також впливають на організм людини. Ефективність такого впливу залежить від густини потоку енергії інфрачервоних випромінювань, довжини хвилі, тривалості і зони (області) впливу. Останній може бути загальним і локальним.

Інтенсивність теплового опромінювання людини від нагрітих поверхонь технологічного устаткування, освітлювальних приладів, інсоляції на постійних і непостійних робочих місцях не повинна перевищувати 35 Вт/м² у разі опромінення 50% поверхні тіла і 70 Вт/м² - у разі опромінення від 25 до 50% та 100 Вт/м² - у випадку опромінення до 25% поверхні тіла. Інтенсивність теплового опромінювання працюючих від відкритих джерел (нагрітий метал, скло, "відкрите" полум'я тощо) не повинна перевищувати 140 Вт/м², при цьому опроміненню не повинно підлягати більше 25% поверхні тіла, і обов'язковим є використання засобів захисту обличчя та очей.

					ТП 51 60 011 ПЗ	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для забезпечення допустимих параметрів теплових (інфрачервоних) випромінювань в котельній проектом передбачені наступні засоби і методи захисту:

- в котельній виконується теплова ізоляція технологічного обладнання, що має температуру $> 45^{\circ}\text{C}$ [3];
- використання засобів захисту обличчя та очей;
- для поповнення водного балансу персонал отримує підсолену газовану воду з розрахунку 4-5 л на зміну;
- обов'язкове забезпечення персоналу спецодягом.

5.3 Технічні рішення з питань пожежної безпеки

5.3.1 Технічні рішення системи протипожежного захисту

В проекті реконструкції котельні виконані усі вимоги пожежобезпеки згідно з НАПБ В.01.34-2005.

Проектом передбачені технічні рішення системи протипожежного захисту. Це комплекс заходів і засобів, які дозволяють отримати інформацію про пожежу, забезпечити умови для гасіння пожежі, евакуації персоналу котельні та збереження матеріальних цінностей.

Передбачаються заходи щодо забезпечення приміщень котельні засобами телефонізації, радіофікації, автоматичної пожежної сигналізації.

Побутові кондиціонери, а також технологічні системи обладнані автоматичною пожежною сигналізацією і зупиняються за сигналом "Пожежа". Можливо дистанційне централізоване вимикання вентиляційних систем на випадок пожежі.

Зовнішнє пожежогасіння виконується від пожежних шаф на території котельні.

Внутрішня мережа господарського, питного і протипожежного водопроводу монтується зі сталевих водопровідних оцинкованих труб $D = 15-50$ мм.

Категорія приміщень котельні по вибухопожежобезпеки Г відповідно до технологічної частини проекту.

					ТП 51 60 011 ПЗ	Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті бакалавра була виконана реконструкція водогрійної опалювальної котельні в м. Луцьк, що виробляє теплоту для опалення споживачів, а також теплоту для потреб ГВП.

В результаті розрахунків теплових навантажень були отримані теплові втрати одного будинку з житлового масиву, який є безпосереднім споживачем теплової енергії котельні. Теплові навантаження складають: 0,745 МВт – навантаження системи опалення; 0,093 МВт – навантаження системи ГВП; 0,838 МВт – сумарне навантаження котельні.

Для отриманого навантаження була розроблена теплова схема котельні, за якою було підібране необхідне основне обладнання.

Котлоагрегати були обрані від італійської фірми “ICI CALDAIE”, типоряду GREENOx.e., моделі GREENOx.e. 30 та GREENOx.e. 70, які мають максимальну теплопродуктивність 300 та 700 кВт відповідно.

Необхідні для руху теплоносія насоси були взяті від німецької фірми “WILO”, типоряду STRATOS, STRATOS GIGA. Для кожного насосу були розраховані відповідні робочі параметри, які вказані в розділі 3, підрозділі 3.2.

Для обробки сирової води, та підготовки її до використання в контурі мережі опалення була обрана установка НА-катіонування польської фірми BWT.

Для забезпечення безпечного обслуговування котельні та наявного в ній працюючого обладнання, а також обладнання, що ремонтується було розроблено комплекс заходів, яких необхідно дотримуватися під час експлуатації котельні та висвітлено в розділі 5 “Охорона праці”.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. СНиП 2.04.05 – 91. Отопление, вентиляция, кондиционирование. – Чинні від 1997. – М.: ГУП ЦПП, 1997. – 72 с.
2. Боженко М.Ф. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти: Навч. посіб./ М.Ф.Боженко, В.П.Сало, – К.: ІВЦ „Видавництво «Політехніка»”, 2004. – 192 с.
3. ДБН В.2.6 – 31: 2016. Теплова ізоляція будівель. – Чинні від 2017-27-11. – К.: Укрархбудінформ, 2016. – 31 с.
4. ДСТУ-Н Б А2.2. – 5: 2007. Проектування. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції. – Чинні від 2008-07-01. – К: НДІпроектреконструкція, 2007. – 43 с.
5. ДБН В.2.5. – 64: 2012. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. – Чинні від 2014-03.01. – К.: ДП Міськбудпроект, 2012. – 105 с.
6. ДБН В.2.5. – 74: 2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – Чинні від 2014-01.01. – К.: УкрНДІводоканалпроект, 2013. – 172 с.
7. Теплові навантаження. Теплові схеми котелень. Метод. вказівки до викон. розрахункової роботи з дисципліни «Джерела теплопостачання та споживачі теплоти» для студ. напряму підготовки 6.05060101 «Теплоенергетика» освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» / Уклад.: М.Ф. Боженко, Ю.В. Шовкалюк. – Київ : НТУУ «КПІ», ТЕФ, 2013. - 52 с.
8. Краснощеков Е.А. Задачник по теплопередаче: Учебн. пособие для вузов./ Е.А. Краснощеков, А.С. Сукомел – 4-е изд., перераб. – М.: Энергия, 1980. - 288 с., ил.
9. ГОСТ 10704 : 1991. Государственный стандарт СССР. Трубы стальные электросварные прямошовные. – Чинний від 1993-01-01. – М.: Издательство Стандартов, 1991. – 14 с.
10. Лебедев П.Д. Теплоиспользующие установки промышленных предприятий: Учебн. пособие для вузов./ П.Д.Лебедев, А.А.Щукин, - М.: Энергия, 1970. – 408 с., ил.
11. Теплобак. Каталог обладнання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.teplobak.com.ua> (01.06.19)
12. Проектирование установок На-катионирования. – М.: Сантехпроект, 1975. – 26 с.
13. Лифшиц О.В. Справочник по проектированию водоподготовительных установок для котельных малой мощности./ О.В.Лифшиц.- М.: Энергия, 1969. – 288 с.

					<i>ТП 51 60 011 ПЗ</i>	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ І ТВОРЧИХ ДОСЯГНЕНЬ

Озеруги Олексія Володимировича

(прізвище, ім'я по-батькові студента)

№ з/п	Найменування праць	Рукописні або друковані	Назва видавництва, журналу (номер, рік) або номер авторського свідоцтва, номер диплома на винахід	Кількість друкованих аркушів або сторінок разом	Прізвища співавторів праць
1	2	3	4	5	6
1	Оптимізація режимів роботи утилізаторів теплоти димових газів в котельнях при зволоженні дуттьового повітря (тези)	друк.	Матеріали XVII Міжнар. наук.-практ. конференції молодих вчених та студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», Київ, 23–26 квітня 2019 р., у 2 т. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019. – Т.1, С.257	1 с	Боженко М.Ф.
2	Оптимізація режимів роботи утилізаторів теплоти димових газів в котельнях (наукова робота на конкурс)	на прав. рук.	XVIII Всеукраїнський конкурс «Молодь–енергетиці України-2018: відкритий конкурс молодих енергетиків та вчених» (III призове місце)	32 с	Науковий керівник: Боженко М.Ф.

Список наукових праць Озеруги О.В.: всього 2 найменування наведені на 1 сторінці.

За результатами участі в XVII Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених та студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики» було нагороджено грамотою кафедри ТПТ «За активну участь в роботі XVII Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених та студентів».

За результатами участі у XVIII Всеукраїнському конкурсі «Молодь – енергетиці України-2018: відкритий конкурс молодих енергетиків та вчених» було нагороджено Дипломом III ступеня Всеукраїнського конкурсу «Молодь – енергетиці України – 2018: відкритий конкурс молодих вчених та енергетиків» за роботу на тему: «Оптимізація режимів роботи утилізаторів теплоти димових газів в котельнях» в номінації «Енергобезпека та енергоменеджмент» серед студентів.

Інтернет + Бібліотека

82.85% Оригінальність	17.15% Схожість	93 Джерела
-----------------------	-----------------	------------

1. http://referatu.in.ua/modulena-vodogrijna-kotelenya-z-kondensacijnimi-kotlami-dlya-j.html?page=7	1.69%
2. http://referatu.in.ua/modulena-vodogrijna-kotelenya-z-kondensacijnimi-kotlami-dlya-j.html?page=13	0.51%
3. http://yaneuch.ru/cat_32/proektuvannya-gazifikovano-koteln-dlya-teplopostachannya/220057.21077...	0.35%
4. https://otherreferats.allbest.ru/physics/00695010_0.html	0.3%
5. http://yaneuch.ru/cat_32/proektuvannya-gazifikovano-koteln-dlya-teplopostachannya/220057.21077...	0.3%
6. https://epdf.tips/advanced-data-mining-techniques.html	0.24%
7. http://cyb.univ.kiev.ua/library/books/popov-30.pdf	0.24%
8. http://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/15901/1/%D0%9C%D0%BE%D0%B4%D0%B5%...	0.24%
9. http://its.kpi.ua/itm/Igloba/Lists/publications/Attachments/9/2--FullBook_11_0.pdf	0.24%
10. http://padabum.com/x.php?id=27967	0.24%
11. https://nmetau.edu.ua/file/055.pdf	0.24%
12. https://www.energiesparen.be/sites/default/files/atoms/files/grafisch%20rapport%202017.pdf	0.24%
13. https://gklttd.files.wordpress.com/2015/09/strength-of-material-by-u-c-jindal.pdf	0.24%
14. http://ua-referat.com/%D0%92%D0%B8%D0%B2%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8...	0.24%
15. https://chmnu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/12/Dis_Nakul_10.05.19-FINAL-1.pdf	0.24%
16. http://www.tek.com/dl/37W-30477-0%20Noise%20Figure%20WP.pdf	0.24%
17. http://kursak.net/pravila-oformleniya-referatov-kontrolnyx-rabot-kursovyx-rabot-proektov-diplomny...	0.24%
18. http://kneu.edu.ua/userfiles/Faculty_of_Economics_and_Administration/kmdu%20fetau/2015/Usy...	0.24%
19. http://amnm.vspu.edu.ua/wp-content/uploads/2016/01/Panasenko_Lin_algebra.pdf	0.24%
20. https://wiswijs.files.wordpress.com/2010/12/5nieuw-mtk-algb-6u.pdf	0.24%
21. http://www.fi.uu.nl/ctwo/WiskundeD/MateriaalDomeinenWiskundeD/AnalytischeMeetkundeVwo/do...	0.24%
22. http://kneu.edu.ua/userfiles/d-26.006.06/2016/Dis_Andrschuk.pdf	0.24%
23. http://zyurvas.narod.ru/knyhy2/Mat_stat.pdf	0.24%
24. https://pdfs.semanticscholar.org/1f1c/5f45ad6ef021534837cadfcdf9c4c9739196.pdf	0.24%
25. http://ua-referat.com/%D0%9E%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%B...	0.21%
26. https://iiv.kuleuven.be/groep/documenten/Meetkunde.pdf	0.21%
27. http://www.slavdpu.dn.ua/fmk/elem_vekt_alg_2010.pdf	0.21%
28. http://dspace.tneu.edu.ua/bitstream/316497/486/1/saenko_strateg_pidpr.pdf	0.21%
29. http://litvinog.com/files/Matan_PI/Semestr2/Konspekty/8rozdel.pdf	0.21%
30. http://atep.kpi.ua/files/pdf/tma_1268916886.pdf	0.21%
31. https://adoc.tips/av-lichamelijke-opvoeding-av-sport.html	0.21%
32. http://dspace.oneu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/5717/1/%D0%95%D0%BA%D0%BE%D0%...	0.21%
33. http://samples.jbpub.com/9780763751319/51316_CH08_188_217.pdf	0.21%
34. http://ua-referat.com/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8...	0.21%

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ТП 51 60 011 ПЗ	Пояснювальна записка	63	
3	A1	ТП 51 60 011 001 ТМК	Теплова схема	1	
4	A1	ТП 51 60 011 002 ТМК	Розміщення обладнання. План на відм. 0,000	1	
5	A1	ТП 51 60 011 003 ТМК	Розміщення трубопроводів. План на відм. 0,000	1	
6	A1	ТП 51 60 011 004 ТМК	Розміщення трубопроводів. Розрізи 1-1, 2-2	1	
7	A3	ТП 51 60 011 ТМК.С	Специфікація	3	

				ТП 51 60 011		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Студент	Озеруга			Відомість дипломного проекту	Аркуш	Аркушів
Керівн.	Боженко					1
Консульт.	-				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ТПТ, Гр. ТП – 51	
Н.контр.	Боженко					
	Варламов					